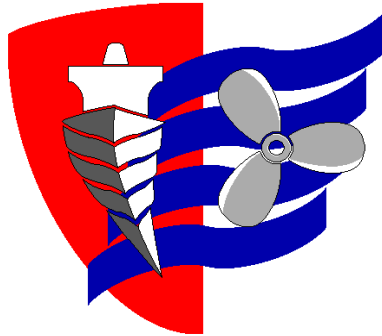


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***Trabajo Fin de Grado***

**ESTUDIO TÉCNICO DE LA MANIOBRA DE UN  
BUQUE TANQUE SUEZMAX**

**Motor Tanker Suezmax Maneuver Technical  
Study**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y TRASPORTE MARÍTIMO**

**Autor: Fernando Schleich Ortiz**

**Director: Francisco Vuelta Fernández**

**Junio – 2021**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

***Trabajo Fin de Grado***

**ESTUDIO TECNICO DE LA MANIOBRE DE UN  
BUQUE TANQUE SUEZMAX**

**Motor Tanker Suezmax Maneuver Technical  
Study**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE  
MARÍTIMO**

**Junio – 2021**



## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>-RESUMEN</b> .....  | 6  |
| <b>-PALABRAS CLAVE:</b> .....                                  | 6  |
| <b>-ABSTRACT</b> .....   | 6  |
| <b>-KEY WORDS:</b> .....                                       | 7  |
| <b>-ABREVIATURAS UTILIZADAS</b> .....                          | 7  |
| <b>1. PLANTEAMIENTO TRABAJO FIN DE GRADO</b> .....             | 9  |
| 1.1. INTRODUCCIÓN .....  | 10 |
| 1.2. TÍTULO .....  | 15 |
| 1.3. DESTINATARIO .....  | 15 |
| 1.4. OBJETIVOS .....   | 15 |
| 1.4.1. Fundamentales .....                                     | 15 |
| 1.4.2. Metodológicos .....                                     | 16 |
| 1.5. BUQUE ESTUDIO .....                                       | 17 |
| 1.5.1 Datos del buque y disposición .....                      | 19 |
| <b>2. METODOLOGÍA</b> .....                                    | 22 |
| 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MANIOBRA DEL BUQUE .....            | 23 |
| 2.1.1. Propulsión .....  | 23 |
| 2.1.2. Gobierno .....  | 27 |
| 2.1.3. Asiento dinámico, calado aéreo e inmersión hélice. .... | 53 |
| 2.2. PLAN DE MANIOBRA DEL BUQUE .....                          | 59 |
| 2.2.1. Jarcia unión .....                                      | 60 |
| 2.2.2. Jarcias guía .....                                      | 61 |
| 2.2.4. Jarcia de labor .....                                   | 63 |
| 2.2.5. Elementos de tracción .....                             | 66 |
| 2.2.6. Elementos de fondeo .....                               | 68 |
| 2.3. MANIOBRA DEL REMOLQUE DE EMERGENCIA .....                 | 71 |



|   |            |
|---|------------|
| 2.4. INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN Y MANIOBRA.....     | 74         |
| <b>3. DESARROLLO.....</b>                           | <b>75</b>  |
| 3.1. ROM.....                                       | 76         |
| 3.1.1. Calculo efectos viento en el buque.....      | 77         |
| 3.1.2. Calculo efectos corrientes en el buque ..... | 85         |
| 3.2. MANIOBRAS.....                                 | 95         |
| 3.2.1. Maniobra de hombre al agua.....              | 96         |
| 3.2.2. Maniobras de fondeo.....                     | 100        |
| 3.2.3. Maniobras monoboya/campo de boyas.....       | 106        |
| 3.2.4. Maniobras en muelles. ....                   | 111        |
| 3.2.5. Maniobras barco a barco. (STS) .....         | 118        |
| <b>4. CONCLUSIÓN.....</b>                           | <b>124</b> |
| <b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                         | <b>126</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                  | <b>130</b> |
| ANEXO I: PLANOS MANIOBRA DE KEMPT .....             | 131        |
| ANEXO II: PLAN MANIOBRA DEL B/T MONTE TOLEDO.....   | 135        |
| ANEXO II. UC: AVISO RESPONSABILIDAD UC .....        | 137        |

## **-RESUMEN**

Este Trabajo Fin de Grado, titulado “**ESTUDIO TÉCNICO DE LA MANIOBRA DE UN BUQUE TANQUE SUEZMAX**” es un trabajo académico que estudia en su totalidad la maniobra de un petrolero clase Suezmax, botado en el año 2004 en el cual el autor de este trabajo estuvo embarcado durante el periodo de prácticas correspondiente del 1 de agosto de 2020 al 4 de febrero de 2021.

Con el fin de entender y poder explicar con claridad el buen hacer marinerio de las maniobras que se realizan en este buque en cuestión primero se estudiarán cuidadosamente todos los datos del buque en relación con ‘las pruebas de mar’ realizadas en el mismo, así como de toda la maniobra de cubierta.

Para llevar a cabo el estudio de una manera más exacta y detallada también se hará uso del ROM 3.1-99 elaborado por Puertos del Estado, a través del cual obtendremos una serie de cálculos que nos ayudaran a entender y tener cifras a la hora de estudiar las diferentes maniobras en cuestión.

## **-PALABRAS CLAVE:**

Maniobra, Petrolero, Buque Tanque, Seguridad y Practicaje.

## **-ABSTRACT**

This Final Degree Project titled “**MOTOR TANKER SUEZMAX MANEUVER TECHNICAL STUDY**” is an academic paper that studies the total Oil tanker Suezmax maneuver who was launched in 2004. On board this vessel that we are going to study the author of this academic paper sing on as a deck cadet to complete his cadet period between first August 2020 and forth February 2021.

To understand and clearly explain the seamanship of the maneuvers of this vessel first we have to study carefully all the data about “sea trials” and the upper deck maneuver.

In order to make a better study we will take advantage of the Spanish ROM 3.1-99 written by Spanish Ports State to calculate the different external effects in the tanker to get a more exact understand of the maneuver development.

**-KEY WORDS:**

Maneuver, Oil Tanker, Motor Tanker, Safety and Pilotage.

**-ABREVIATURAS UTILIZADAS**

**VLCC:** (Very Large Crude Carrier)

**ULCC:** (Ultra Large Crude Carrier)

**ROM:** (Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre)

**RIPA:** (Reglamento internacional para prevenir abordajes)

**FMICP:** (Foro Marítimo Internacional de las Compañías Petroleras)

**COLREGs:** (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea)

**OCIMF:** (Oil Companies International Marine Forum)

**UNCTAD:** (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Transporte)

**ETS:** (Escuela Técnica Superior)

**BWTS:** (Ballast Water Treatment System)

**OMI:** (Organización marítima internacional)

**MMSI:** (Maritime Mobile Service Identity)

**FBB:** (FIRST BANK OF BALDWIN)

**P&I:** (Protection and Indemnity Insurance)

**SDW / PM:** (Summer Dead weight) / (Peso Muerto de Verano)

**SBT:** (Segregated Ballast Tanks)

**GT / TRB:** (Gross Tonnage) / (Toneladas de registro bruto)

**NT / TRN:** (Net Tonnage) / (Toneladas de Registro Neto)

**LOA / ET:** (Length Overall) / (Eslora Total)

**LBP / EPP:** (Length Between Perpendiculars) / (Eslora entre Perpendiculares)

**SOLAS:** (El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar)

**UKC:** (Under Keel Clearance)

**STS:** (Ship To Ship)

**IWRC:** (independent Wire Rope Core)

**MLB:** (Maximum Braking Load)

**ETA:** (Emergency Towing Arrangement)

**ARPA:** (Ayuda Radar Punteo Automático)

**SIVCE:** (Sistema de Información y Visualización de Cartas Electrónicas)

**MOB:** (Man Over Board)

**GPS:** (Global Positioning System)

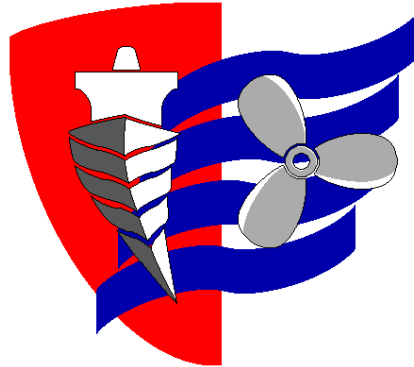
**F.O:** (Fuel Oil)

**D.O:** (Diesel Oil)

**OPA 90:** (Oil Pollution Act 1990)

**SOPEP:** (Ship Oil Pollution Emergency Plan)

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**1. PLANTEAMIENTO TRABAJO FIN DE GRADO**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

A través de este trabajo final de grado titulado **“ESTUDIO TÉCNICO DE LA MANIOBRA DE UN BUQUE TANQUE SUEZMAX”** quiero dar a conocer en su totalidad todos los aspectos relacionados con las maniobras que se llevan a cabo en este tipo de buques, para ello he escogido el buque ejemplo ‘Monte Toledo’ donde he realizado la mitad de mis prácticas como Alumno de Puente para obtener el título de Piloto de segunda de la marina mercante.

Por medio de mi experiencia a bordo realizando diversos tipos de maniobras a lo largo de una campaña de 6 meses, ya sea en el puente o en cubierta, libros y otros documentos consultados y con los conocimientos obtenidos durante mi trascurso de 4 años en la Escuela Técnica Superior de Náutica de Santander se expondrán en este trabajo fin de grado los diferentes puntos más importantes a conocer del buque en cuestión para finalmente poder hacer un estudio detallado del mismo y así entender mejor como llevar a cabo las diferentes maniobras más comunes que se hacen en estos buques y que he tenido la suerte de poder realizar a bordo.

A la hora de estudiar la maniobra hay que tener un amplio conocimiento del <sup>1</sup>RIPA (*Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes*) del cual hay que conocer muy bien el apartado de ‘*Luces y Marcas Reglamentarias*’ dado que en algunos tipos de maniobras están sujetas al uso de algunas de estas marcas como ya veremos.

También se usará gran repertorio bibliográfico de publicaciones vinculadas a la <sup>2</sup>FMICP (*Foro Marítimo Internacional de las Compañías Petroleras*) ya que esta asociación voluntaria de las diversas compañías petroleras en base a

---

<sup>1</sup> Mas conocido fuera del habla hispana como COLREGs (*Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*).

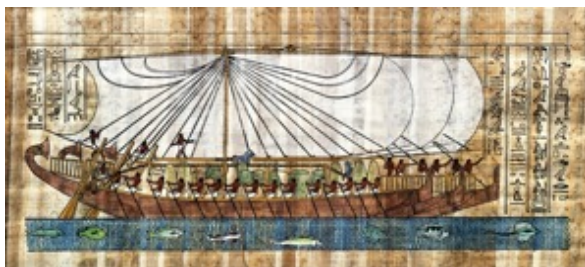
<sup>2</sup> Mas conocido fuera del habla hispana como OCIMF (*The Oil Companies International Marine Forum*).

años de experiencia ha recopilado en una amplia biblioteca libros de gran utilidad para la operativa de este tipo de mercantes que llevan mercancías peligrosas a granel.

Para entender mejor todo esto debemos hacer una recapitulación histórica y hablar de la evolución de las maniobras en la mar a lo largo de la historia de la humanidad, así como de la de los petroleros y el transporte de crudo y derivados del mismo.

La historia comienza con el primer vestigio de escritura de la humanidad, hace más de 5000 años, como la historia nace con la escritura, la maniobra de un buque aparece con la aparición del mismo barco. El primer barco datado hasta la fecha es más antiguo que la propia historia del hombre, ya que según estudios y hallazgos realizados en las diversas selvas del mundo datan las primeras embarcaciones hace 10000 años, las cuales eran simples troncos de madera a través de los cuales el hombre se desplazaba por las aguas de los ríos que posteriormente se convertirían en embarcaciones de remo que se aventurarían a las mares seguidas por las de vela que predominaron la navegación durante más de 4000 años, desde los Egipcios en el 3000 a.C hasta la llegada del vapor y los combustibles fósiles en torno al siglo XIX.

**Imagen 1:** Jeroglífico de un Barco Egipcio.



**Fuente:** Historia National Geographic.

**Imagen 2:** Buque Numancia (1865).



**Fuente:** La vieja España.

Al principio los barcos eran pequeños y la maniobra era algo menos complicado, pero a medida que la humanidad iba evolucionando y sus

necesidades comerciales evolucionaban los barcos también lo iban haciendo, aumentando cada vez de tamaño hasta el punto de que maniobrarlos se convirtió en un arte muy complejo dadas las físicas que interactúan entre dos medios distintos como son el aire y el agua.

Con estos cambios y nuevas necesidades que hacían que cada vez el ser humano tuviera esa necesidad de explorar e ir a otros puertos y lugares desconocidos para los navegantes, empezaron a aparecer la figura que conocemos hoy en día como '*Prácticos*' que en castellano deriva de '*Piloto Practico*' y en inglés '*Pilot*' que deriva de la palabra holandesa *peilen* y de la *loot* cuyo significado es escandallo.

En un principio muchos de ellos eran pescadores que conocían muy bien la zona y ayudaban a los buques extranjeros a entrar en los puertos bajo la premisa de su rey. Con el paso del tiempo y a medida que la seguridad en la navegación iba tomando fuerza ya que la mayoría de los barcos se perdían en recaladas que originaban el hundimiento esta figura fue ganando fuerza hasta ser una profesión donde marinos con una gran experiencia en el manejo de buques asesoran al capitán para realizar la maniobra de la manera más segura y eficiente posible.

**Imagen 3:** Embarcación de practico "Lizzie May" a vela en Brest, Francia (2008).



**Fuente:** Pinterest.

Hoy en día la maniobra de un buque en puerto es tanto el escalón principal como el final de la pirámide del comercio de mercancías mundiales, ya que



según la <sup>3</sup>UNCTAD (*Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Transporte*) más del 90% del comercio mundial se transporta por mar.

Históricamente en cuanto al transporte de mercancías líquidas peligrosas a granel como es el crudo o los derivados de este ha sido una de las etapas de más accidentes graves y contaminación marítima, por suerte gracias a la experiencia y grandes catástrofes como pueden ser las que cito a continuación se han tomado medidas para que estas no vuelvan a tener lugar.

- 1967: Dispersión de 120.000 t en Gran Bretaña por el Torrey Canyon.
- 1972: Caída al mar de 120.000 t en el Golfo de Omán por el Sea Star.
- 1975: Derrame de 237.000 t en el Océano Índico por el Showa Maru.
- 1976: Vertido de 250.000 t en Francia por el Olympic Bravery.
- 1979: Derrame de 300.000 t cerca de Tobago el Atlantic Empress.
- 1983: Soltaron 252.000 t en Sudáfrica el Castillo de Bellver.
- 1987: Esparció 223.000 t en Francia el Amoco Cádiz.
- 1988: Esparció 132.000 t cerca de Canadá el Odyssey.
- 1989: Esparció 37.000 t en Alaska el Exxon Valdez.
- 1991: Soltó 144.000 t en aguas de Génova el Haven.
- 1991: Vertido 260.000 t en Angola el ABT Summer.
- 2002: Vertido 77.000 y en Galicia el Prestige.<sup>4</sup>

Todas estas suman un total de 1638000 toneladas de crudo vertidas al mar en un periodo de 26 años, una media de 63000 toneladas anuales solo contando las mayores catástrofes.

---

<sup>3</sup> UNCTAD son las siglas en inglés de 'United Nations Conference on Trade and Development'

<sup>4</sup> Fuente: DESMI 2018, "Oil Spill Response Product Brochure".

**Imagen 4:** Petrolero “Prestige” hundiéndose frente a la Costa da Morte. (2002).



**Fuente:** Canal Historia.

El gran problema que suponen estos vertidos hace que hoy haya un gran número de medidas preventivas en seguridad y construcción, así como de operativa de estos buques, los cuales también se han reflejado en la maniobra como veremos más adelante.

Por todo lo expuesto creo que puede resultar de gran ayuda el estudio de la maniobra de este buque por medio de todos los conocimientos adquiridos a lo largo de estos años de estudio y formación por parte de los oficiales de abord.

## 1.2. TÍTULO

Estudio técnico de la maniobra de un buque tanque Suezmax.

## 1.3. DESTINATARIO

El destinatario de este trabajo final de grado para acceder al título en 'Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo' es principalmente la Escuela Técnica Superior de Náutica y todo aquel interesado en conocer los aspectos relacionados con la maniobra de este tipo de buques mercantes.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. Fundamentales

Los objetivos fundamentales de este trabajo fin de grado titulado **“ESTUDIO TÉCNICO DE LA MANIOBRA DE UN BUQUE TANQUE SUEZMAX”** son realizar un estudio detallado de la maniobra de un buque de este porte y características para lo cual se estudia debidamente todos los aspectos relacionados con la maniobrabilidad del buque así como el despliegue de medios de maniobra que este pueda tener en su plan de cubierta, siempre y cuando con el objetivo de lograr que este trabajo aporte de manera final el cómo realizar una maniobra de la forma más segura, eficiente y marinera posible dentro de los parámetros que el buque se encuentre.

Al tratarse de un buque petrolero sus maniobras se pueden reducir a un número muy determinado, lo cual hace que el estudio se centre en esas maniobras que comúnmente tienen más lugar en este tipo de mercantes.

Después de mi experiencia al bordo de un buque de estas características y atendiendo a todas las maniobras que se realizaron en el mismo, preguntando a los prácticos, así como a los oficiales de abordó y leyendo diversas guías y libros relacionados con la maniobra del buque tratare de a través de este

trabajo establecer los aspectos fundamentales y más relevantes de la maniobra en este tipo de petroleros.

Cabe mencionar aquí que a lo largo del trabajo se emplearan diversos términos en inglés debido a que en el mundo marítimo como en cualquier otro la entrada de la globalización hace que esta sea la lengua principal de trabajo en cuanto a terminología, no obstante, también se usara la lengua castellana mencionar a estos termino debido a lo rica que es en lenguaje naval dada la historia que precede a esta.

#### 1.4.2. Metodológicos

En este trabajo los objetivos metodológicos se basan en los siguientes puntos:

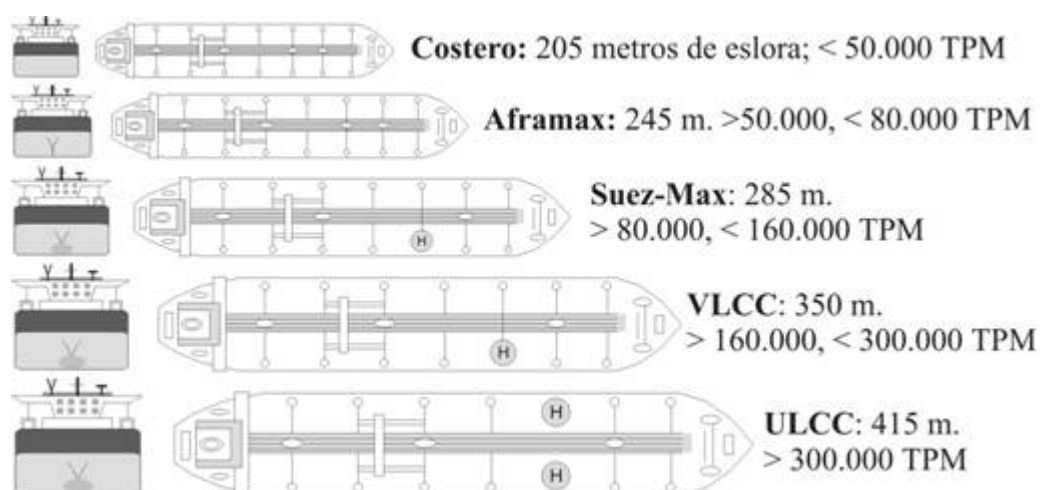
- La formación recibida a bordo de buque tanque Monte Toledo en una campaña de 6 meses a través de los Capitanes, Oficiales y marineros de este durante las diversas maniobrar realizadas.
- Mi experiencia a bordo del Monte Toledo en la realización de las maniobras que llevamos a cabo.
- La formación recibida en la E.T.S de Náutica de Santander durante los 4 años que han durado mis estudios académicos.
- La consulta bibliográfica realizada durante la elaboración de este trabajo final de grado de tratados de maniobra, revistas científicas, publicaciones del gobierno... así como libros y apuntes consultados durante la etapa académica en la E.T.S de Náutica de Santander.

## 1.5. BUQUE ESTUDIO

El buque elegido para el estudio es el petrolero “**MONTE TOLEDO**” de la flota de la naviera bilbaína “**IBAIZABAL**”. Es del año 2004 construido en Japón, pese a ser un barco viejo sigue teniendo todos los certificados y credenciales requeridos para navegar y compite con barcos 10-15 años más nuevos dado sobre todo a que tiene una potencia de carga y descarga mayor que muchos de ellos, lo que hace que tarde menos en realizar operaciones.

De entre todas las clases de petroleros que navegan en la actualidad este es de la clase SUEZMAX, que como su nombre indica es el tamaño máximo establecido para cruzar el canal de Suez en Egipto.

**Imagen 5:** Tipos básicos de petroleros según sus dimensiones y tamaños.



**Fuente:** Marenostum.org.

De todos estos tipos de buques petroleros puros que nos encontramos surcando los mares en la actualidad los más comunes de ver son los cuatro primeros tipos. El ULCC sin embargo ya no hay en servicio a penas y los pocos que hay se utilizan de buques almacenes. Al tratarse de los barcos más grandes del planeta (415x63x35)<sup>5</sup> hace no puedan recalar en muchos puertos e incluso terminales flotantes cerca de la costa.

<sup>5</sup> Medidas referidas a la eslora, manga y calados de un buque petrolero ULCC.

La categoría Suez-Max como el Monte Toledo es de la cual más podemos ver, ya que el hecho de que tengan el tamaño máximo para cruzar Suez hace que sea algo más rentable para realizar viajes Asia-Europa pese a el hecho de llevar menos carga que los VLCC y ULCC.

En cuanto a nuestro buque, también tiene instaladas una torre de lavado y una planta de ozono para tratar las emisiones de la maquina y las aguas de lastre respectivamente.

Debido a la antigüedad del barco y la posterior instalación de la torre de lavado y la planta de tratado de aguas de lastre su distribución puede ser algo distinta a otros petroleros nuevo donde encontramos casi todos los paños en popa, pero al instalarse aquí la Scrubber<sup>6</sup> y la BWTS<sup>7</sup>, se modificó la popa del buque y no es como los Suezmax nuevos que ya la llevan de astillero instalada.

**Imagen 6:** Buque petrolero Monte Toledo cargado.



**Fuente:** Ibaizabaltankers.com

---

<sup>6</sup> Termino en ingles muy usado en el habla hispana para referirse a la torre de lavado de los gases de escape de los buques.

<sup>7</sup> Siglas en ingles que significan “Ballast Water Treatment System” y hace referencia a la planta de ozono que trata las aguas de lastre y hace que ya no se tenga que ir cambiando este durante la navegación.

### 1.5.1 Datos del buque y disposición

#### **Datos del buque (*Ship Particulars*)**

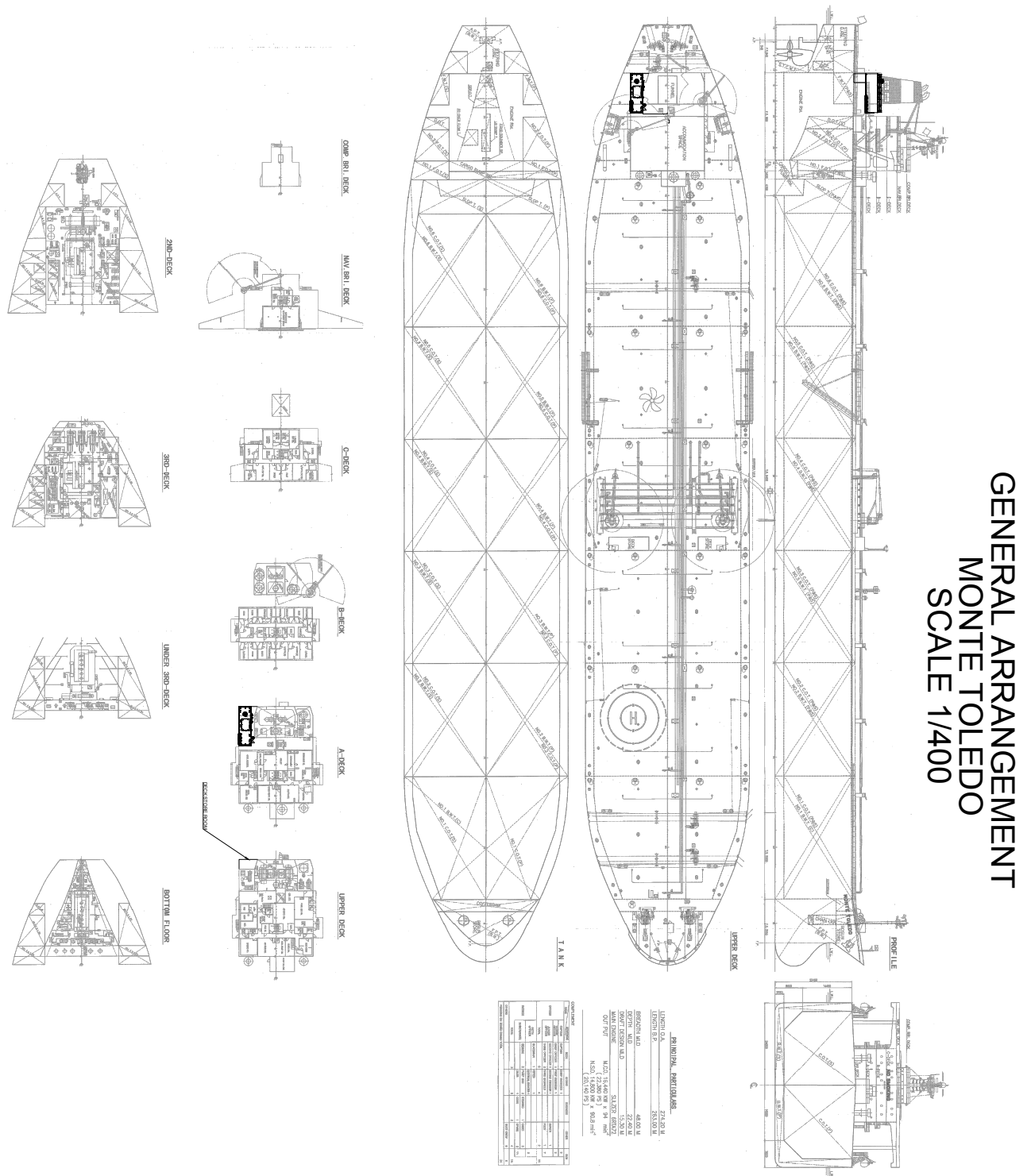
- Call Sing/Distintivo de Llamada: CQRA.
- Flag/Bandera: portuguesa.
- Registry/Registro Madeira.
- Oficial Number/Número oficial: 1273.
- N° IMO / N° OMI: 9271573
- MMSI: 255740000
- Year Built/Año Construcción: 2004 Tsu (Japan)
- Last Dry Dock/Ultimo astillero: 2019 (Changtu-China)
- Tlx Inmarsat C: 425501042/425574010
- Telephone FBB: 00 870 773 224 149
- Telephone Cellular: 00 34 6183 04032
- Telephone SEVSAT: 00 34 9190 15130
- Email: montetoledo@ibaizabalms.com
- Class Society/Sociedad de clasificación: Lloyds Register
- P&I Club: Britannia.
- Owner Bareboat/Armador: Borus Transportes Maritimos Cooperativa Agricola do Funchal -----Bloco D-4 A-9050-555-Madeira-Portugal
- Owners Register/Naviera: Altube S.L  
c/Muelle Tomas de Olabarri 4-4º 48930 Getxo-Vizcaya, Spain.
- Technical Operator/Operador técnico: Ibaizabal Tankers  
Tf: 34 94 480 5354 Fax: 34 94 480 5207 c/Muelle Tomas Olabarri 4-4º 48930 Getxo-Vizcaya, Spain.
- SDW/PMV: 149999 MT
- Ligth Ship/Rosca: 22055 mts.
- Summer Draft/Calado de Verano: 15,97 mts.

- GT/TRB: 78896 Tons. Suez: 79832,08/(SBT): 61683 Tons
- NT/TRN: 47271 Tons.
- LOA/ET: 274,2 mts.
- LBP/EPP: 263 mts.
- Breadth/manga: 48 mts.
- Depth/Puntal: 22,4 mts.
- Keel to Masthead/Quilla a magistral: 50,6 mts.
- Engine/Motor: 16440 KW
- Anchors/Anclas: 14 Shackles (grilletes) port, 13 Stdb
- Cargo/Carga capacity (98%) 166700 m3
- Ballast/Lastre Capacity (100%) 55256 m3
- Fuel oil Capacity (98%) 3557 m3
- Diesel oil capacity (98%) 265 m3
- Fresh water capacity (100%) 424 m3
- Cargo pumps/Bombas carga 3x3500 m3/h
- Cargo eductor/eductor carga 2x700 m3/h
- Stripping pump/Bomba de achique 1x200 m3/h
- Ballast pumps/Bomba de lastre 2x1750 m3/h
- Ballast educator/Eductor lastre 1x400 m3/h
- Manifolds/Conexión carga: 3x16"
- Bunker connection/toma combustible: 2x8"
- Cranes/Gruas: 2x15 Ton



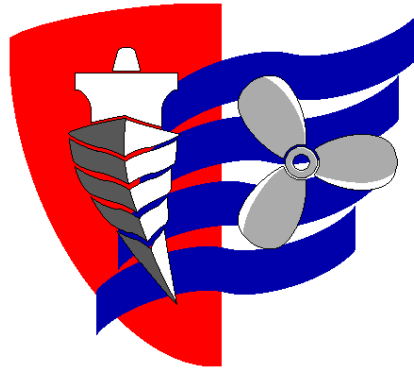
## Disposición (General Arrangement)

Imagen 7: Planos disposición general Monte Toledo:



Fuente: Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**2. METODOLOGÍA**

## 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MANIOBRA DEL BUQUE

Podemos definir la maniobra en términos relacionados con la mar y los buques como *‘Arte que enseña a dar a las embarcaciones todos sus movimientos por medio del timón, de las velas o de cualquier otro agente’*<sup>8</sup> también se puede definir como *‘Faena y operación que se hace a bordo de los buques con su aparejo, velas, anclas’*<sup>9</sup> o incluso de la siguiente manera *‘Conjunto de los cabos o aparejos de una embarcación, de uno de los palos, de una de las vergas’*<sup>10</sup>

En definitiva, podemos decir que *en términos de navegación la maniobra es el arte y la ciencia de mover buques*<sup>11</sup> y todo lo que ello implica.

Para ello habrá que ser conscientes y saber diferenciar entre aquellos factores que podemos controlar y aquellos que no relativos a la maniobra, los cuales serán objeto de estudio en las continuaciones relación a nuestro buque.

### 2.1.1. Propulsión

En la actualidad podemos encontrar distintos tipos de buque cada uno en función de su propósito constructivo con diferentes medios de propulsión, pero con el mismo objetivo todos ellos: hacer avanzar al buque de manera segura a través del agua.

En la actualidad podemos dividir los principales modos de propulsión en cinco:

- Hélices convencionales.
- hélices de paso controlable.
- Propulsor de eje vertical.

---

<sup>8</sup> Definición según la Real Academia Española de la Lengua.

<sup>9</sup> Definición según la Real Academia Española de la Lengua.

<sup>10</sup> Definición según la Real Academia Española de la Lengua.

<sup>11</sup> Balearia.com

- Propulsor de chorro.
- Propulsor azimutal.

De todos estos nuestro buque posee una **hélice convencional (o de paso fijo) de 5 palas y giro a la derecha**<sup>12</sup>, esto se debe a que es un buque pensado para realizar viajes largos y de gran porte y por lo tanto hacer relativamente pocas maniobras en puerto, lo cual hace que la mejor opción para este tipo de barcos sea este medio de propulsión, convencional, muy fiable y con poco mantenimiento requerido donde el paso de la hélice (5,897 metros, con un diámetro de 7,550 metros)<sup>13</sup> está pensado para mantener el máximo rendimiento a velocidad de crucero (sea speed) para sacar el máximo rendimiento en los viajes que se realizan. Al también tratarse de una hélice que va a girar a un número de revoluciones bajas y a soportar una gran carga de trabajo considerable debido al tonelaje del buque hace que el número de palas de ideal para este tipo de embarcaciones sea 5, al así dividir las presiones en un mayor número de palas y reducir cavitaciones y turbulencias en el flujo que pasa a través de esta.

**Imagen 8:** Hélice de respeto del Monte Toledo:



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

---

<sup>12</sup> Fuente: Cuadro de maniobra Monte Toledo

<sup>13</sup> Fuente: Cuadro de maniobra Monte Toledo

A bordo de este tipo de buques se suele llevar una hélice de respeto, ya que es más económico llevarla siempre a bordo en caso de tenerla que cambiar que tener que fabricar una nueva y transportarla al astillero.

El material de esta hélice es de bronce en su totalidad, ya que es un metal que resiste muy bien el hostil ambiente marino al cual se ve rodeada toda su vida.

Por otro lado, tenemos el motor encargado de hacer trabajar la hélice, como hemos visto que había distintos tipos de medios de propulsión también existen diferentes motores marinos:

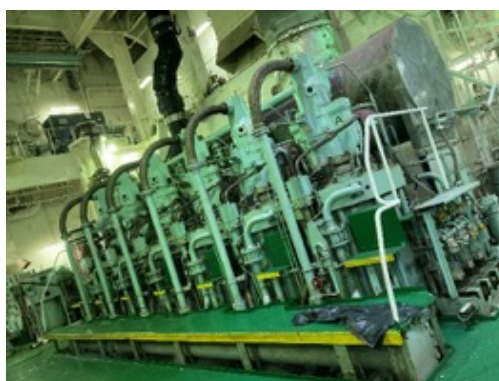
- Diesel-Eléctricos (muy pocos todavía)
- Energía nuclear (Rompehielos, buques de guerra...)
- Gas (Gaseros, alguno de pasaje y de carga...)
- Combustión interna (4 y 2 tiempos) (la gran mayoría)
- Vapor (prácticamente en desuso)

Al tratarse nuestro petrolero de un mercante con una capacidad de carga de 150000 toneladas métricas el único motor con la tecnología actual posible para desplazar tal buque son los de combustión. Entre ellos podemos distinguir entre los de 4 tiempos y los de 2, en este buque encontramos unos de **dos tiempos (SULZER 6RTA72 de 22380 HP)** <sup>14</sup> ya que realiza su ciclo de combustión en una vuelta del cigüeñal y se caracterizan por ser de grandes potencias y bajas velocidades, características que favorecen al funcionamiento de la hélice, ya que, mientras más despacio gire la hélice, el rendimiento de esta será mayor y producirá menos cavitación.

---

<sup>14</sup> Fuente: Manual del motor principal del Monte Toledo.

**Imagen 9:** Motor principal Monte Toledo.



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

Otro factor muy importante en relación con la maniobra y al motor son el número de arranques que tiene este. Este factor varía principalmente en función de cuan grande sea la botella de aire comprimido del buque y la inercia que tenga que vencer este aire comprimido para arrancar el motor. En el Monte Toledo poseemos un total de **17 arranques consecutivos**<sup>15</sup>, un gran número que nos permitirá realizar las maniobras con más tranquilidad.

Otra característica de los motores asociados a las hélices de paso fijo es que al cambiar de adelante a atrás el giro del eje de la hélice se invierte, esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de dar atrás, ya que primero debemos reducir hasta parar la maquina y una vez en el tacómetro veamos que las revoluciones se han parado ya podemos dar atrás. En muchos barcos hay que esperar un debido tiempo hasta que la hélice deja de frenar, en el nuestro como poseemos freno del eje este tarda aproximada mente unos 5 segundos en dejar de girar si vamos de poca adelante a parados.

Por último, cabe hablar de los consumos que realiza el buque durante las maniobras en puerto, estas pueden variar en función del tipo de puerto y maniobra, pero en una maniobra común de **2 horas los consumos varían entre 2 toneladas de Diesel.**<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Fuente: Cuadro maniobra Monte Toledo.

<sup>16</sup> Fuente: Manual del motor principal del Monte Toledo.

### 2.1.2. Gobierno

Cuando un buque es construido y botado, una vez posee todo lo correspondiente para valerse por sí mismo sin energía de tierra se le realizan las conocidas como *‘pruebas de mar’* o también llamadas *‘sea trial’* en la lengua inglesa.

En la realización de esta se hace un estudio de cómo reacciona el buque en las diversas maniobras que se llevan a cabo con el fin de posteriormente dotar a este de una serie de documentación que permita a los tanto oficiales como capitanes y prácticos que suban a bordo poder conocer de una manera rápida y sencilla las características más importantes del buque en cuanto a maniobrabilidad. Estos documentos se conocen como *‘cuadros de maniobra’* o *‘Wheelhouse poster’* de los cuales hablaremos específicamente de los del buque estudio Monte Toledo.

El cuadro de maniobra se suele dividir en dos partes, una donde nos especifica datos numéricos relacionados con la velocidad, revoluciones, grados de timón, números de grilletes por ancla, calados y desplazamiento máximos entre otros.

Imagen 10: Cuadro maniobra Monte Toledo parte 1.

# WHEELHOUSE POSTER

Ship's name **MONTE TOLEDO**

Call sign **CQRA**

Gross Tonnage **78896**

Net Tonnage **47271**

Max displacement **172054** tonnes, and Deadweight **149999** tonnes, and Block coefficient **0,832** at summer full load draught

Draught at which the manoeuvring  
data were obtained

| Loaded          | Ballast         |
|-----------------|-----------------|
| Trial/Estimated | Trial/Estimated |
| 16,02 m forward | 6,00 m forward  |
| 16,02 m aft     | 8,20 m aft      |

## Steering Particulars

Type of rudder (s) Semi Balanced Hanging (Mariner)

Maximum rudder angle 35°

Time hard-over to hard-over

with one power unit 29 s

with two power units 18 s

Minimum speed to maintain

course propeller stopped 3,1 knots

Rudder angle for neutral effect 35°

## ANCHOR CHAIN

|           | Nº of shackles | Max. Rate of heaving (min/shackle) |
|-----------|----------------|------------------------------------|
| Port      | 14             | 03:06                              |
| Starboard | 13             | 03:06                              |
| Stern     |                |                                    |

( 1 shackle = 27,50 m / 15,04 fathoms )

## PROPULSION PARTICULARS

Type of engine SULZER 6RTA72, 16440 Kw (22380 HP), Type of propeller 5 BLADES SOLID

| Engine order     | Rpm/pitch setting | Speed (knots)  |         |
|------------------|-------------------|--|---------|
|                  |                   | Loaded   | Ballast |
| Full sea speed   | 90.8              | 15.9   | 17.0    |
| Full ahead       | 63                | 11.0   | 11.9    |
| Half ahead       | 48                | 8.4  | 9.1     |
| Slow ahead       | 37                | 6.5  | 7.0     |
| Dead slow ahead  | 28                | 4.9  | 5.3     |
| Dead slow astern | 28                | Critical revolution 60-61 rpm<br>Minimum rpm 25, 3.1 knots<br>Time limit astern --- min<br>Time limit at min revs. --- min<br>Emergency full ahead to full astern 284 s<br>Stop to full astern 69 s<br>Astern power 34.1 % ahead<br>Max. no of consecutive starts 17 |         |
| Slow astern      | 37                |  |         |
| Half astern      | 48                |  |         |
| Full astern      | 63                |  |         |
| Pitch            | -5.897m           |  |         |

## THRUSTER EFFECT at trial conditions

| Thruster | kW (HP) | Time delay for full thrust | Turning rate at zero speed | Time delay to reverse full thrust | Not effective above speed |
|----------|---------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Bow      |         | s                          | °/min                      | min s                             | knots                     |
| Stem     |         | s                          | °/min                      | min s                             | knots                     |
| Combined |         | s                          | °/min                      | min s                             | knots                     |

## DRAUGHT INCREASE (LOADED)

| Estimated Squat Effect |                      |                                   | Heel effect         |                    |
|------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Under keel clearance   | Ship's speed (knots) | Max bow/stern squat estimated (m) | Heel angle (degree) | Draft increase (m) |
| 3.2(h/d=1.2) m         | 15                   | 2.48                              | 2                   | 0.84               |
|                        | 12                   | 1.13                              | 4                   | 1.68               |
|                        | 6                    | 0.25                              | 8                   | 3.37               |
| 8.0(h/d=1.5) m         | 15                   | 1.61                              | 12                  | 5.10               |
|                        | 12                   | 0.85                              | 16                  | 6.88               |

Fuente: Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

Lo principal que nos ofrece el cuadro de maniobra son las características más relevantes como **nombre, distintivo de llamada, toneladas de registro bruto, toneladas de registro neto, máximo desplazamiento, peso muerto y coeficiente de bloque en calado de verano**. En cuanto a factores relacionados con la maniobra de interés el principal que nos da es **las condiciones en las que se tomaron los resultados** en las pruebas de mar. Lo más común es que esto se haya hecho en la condición de 'máxima carga' y de 'lastre' que son las dos figuras en las que suelen navegar más los buques. De todos modos, si se navegara en alguna condición intermedia se podría interpolar y obtener un resultado bastante bueno a nuestras necesidades a bordo.

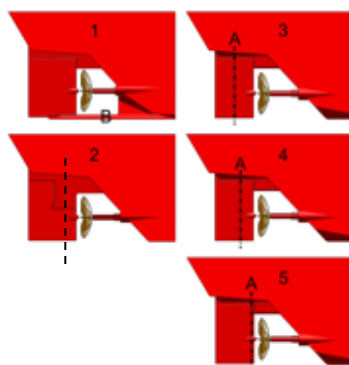
Siguiendo de izquierda a derecha nos da a conocer lo relativo al **gobierno del timón**. El timón de este buque es del tipo 'rudder semi-balanced hanging (Mariner)' cuya traducción al castellano sería 'timón semi compensado sin codaste (Mariner)'.



Este es uno de los 5 tipos de construcción típica de timones que podemos encontrar junto a las hélices de tipo convencional, no obstante, estos tipos que se mencionan a continuación son los más básicos, luego existen variantes con ‘aletas’ o ‘flaps’ como pueden ser los casos de los timones alemanes ‘Becker’<sup>17</sup> o los ‘Schilling’<sup>18</sup> con sus placas que mejoran la maniobrabilidad del buque al aumentar el efecto del timón en este. También se pueden combinar estos entre sí.

1. Tipo ordinario (con codaste ‘B’). (ordinary)
2. Tipo semi suspendidos y semi compensado. (semi-hanging and semi-balanced)
3. Tipo suspendido sobre compensado. (hanging over-balanced)
4. Tipo suspendido compensado. (hanging balanced)
5. Tipo suspendido no compensado. (hanging no-balanced)

**Imagen 11:** Diferentes tipos de timones.



**Fuente:** wikiwand.com

Como se puede apreciar el nuestro supone una mezcla de entre el tipo semi suspendido y semi compensado de la marca ‘Mariner’, la principal ventaja que tiene es el hecho de estar ‘compensado’, sobresaliendo hacia proa parte del timón respecto al eje de giro de este, lo que hace que aumente su efectividad en comparación con los timones tradicionales que no estaban compensados.

<sup>17</sup> Fuente: nauticexpo.es

<sup>18</sup> Fuente: ingenieromarino.com

De normal esta compensación suele estar entre el 20 y el 25% <sup>19</sup> pero no mucho más, ya que si supera este porcentaje puede ser contraproducente hasta el punto de poder dañar el sistema de gobierno si metiésemos mucho timón a una banda a una velocidad considerable.

**Imagen 12:** Timón semi compensado, semi suspendido y hélice tipo las del buque estudio.



**Fuente:** japanham.com

El timón del Toledo también posee unas placas de cierre en los cantos de la parte inferior y superior de la pala del timón como se puede observar en la imagen superior característico de los timones tipo ‘Schilling’, que hacen que el flujo de agua expulsado por la hélice ejerza más presión sobre el timón al no desplazarse transversalmente en la pala y mantener el flujo de los filetes líquidos horizontal a esta, de esta manera la presión ejercida por el agua en la pala es mayor y su efectividad se ve incrementada. Para que el timón trabaje de manera eficiente debe tener una superficie acorde con la eslora del buque, para un buque de 274,2 metros de eslora tenemos aproximadamente 50 metros cuadrados de pala de timón.

En cuanto al ángulo de metida de la pala del timón podemos encontrar diversas explicaciones de porque este es el que es, en la teoría y los cálculos, la más famosa es la fórmula de Joessel, donde la máxima efectividad del timón

---

<sup>19</sup> Fuente: Hélices y timones de maniobra. Autor: Álvaro Manuel Álvarez Hernández

se alcanza con un ángulo de 45 grados en la teoría, no obstante, en la práctica los timones alcanzan su mayor efecto con un ángulo de 35, ya que con un ángulo mayor de este se forman turbulencias en el flujo que disminuyen la eficiencia, haciendo de 35 el ángulo máximo de muchos buques.

$$\text{Momento evolutivo}^{20} = \frac{K_t \cdot S_t \cdot V_t^2 \cdot L_{pp} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{0,4 + 0,6 \cdot \sin(\alpha)}$$

$K_t$  = Constante que depende de las unidades. (adimensional)

$S_t$  = superficie pala del timón. (m<sup>2</sup>)

$V_t$  = Velocidad flujo incidente en la pala (m/s)

$\alpha$  = Angulo del timón respecto a la incidencia de la corriente.

No obstante, aunque la maniobrabilidad con más de 35 grados no aumente en navegación, si es verdad que algunos timones pueden a bajas velocidades o velocidades de maniobra aumentar su ángulo hasta 60 grados y así aumentar el par de giro del buque en maniobras de atraque y desatraque facilitando estas.

Volviendo al cuadro de maniobra también nos da el tiempo que tarda el timón de ir de una banda a la otra '*hand-over to hand-over*' con un servomotor o con los dos. Este es un dato muy importante que a su vez va asociado a la **maniobra de Kempt** del cual hablaremos más adelante.

Estos tiempos están regulados por el SOLAS, el cual establece en el capítulo II-1 '*Construcción - Estructura, Compartimentado y estabilidad, Instalaciones de Maquinas e Instalaciones Eléctricas*', Parte C '*Instalaciones de Máquinas*' regla 29 '*Aparato de Gobierno*' parte 3 '*El aparato de gobierno principal y la mecha del timón*' lo siguiente:

---

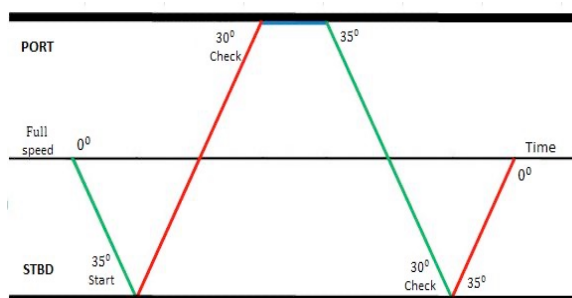
<sup>20</sup> Formula Joessel, Fuente: ROM 3.1-99

‘3.2. permitirán el cambio del timón desde una posición de 35° a una banda hasta otra de 35° a la banda opuesta hallándose el buque navegando a la velocidad máxima de servicio en marcha avante y con su calado máximo en agua salada, y, dadas las mismas condiciones, desde una posición de 35° a cualquiera de ambas bandas hasta otra de 30° a la banda opuesta, sin que ello lleve más de 28 segundos’<sup>21</sup>

Como es visible el SOLAS nos indica el tiempo de 35 a 30 grados y no de banda a banda, esto tiene su explicación, y es que en el momento que el timón alcanza los 30 grados el servo empieza a disminuir su velocidad con el fin de no golpear con fuerza los finales de carrera que tiene este, por lo que se considera que la comprobación de gobierno es entre estos parámetros.

**Tabla 1:** Prueba de gobierno Monte Toledo

|                       | Pump N°1 | Pump N°2 | Pump N°1&2 |
|-----------------------|----------|----------|------------|
| Midship to 35°        | 14,5     | 14       | 7,5        |
| Right 35° to Left 30° | 25,5     | 27       | 17         |
| Left 35° to Right 30° | 26       | 26,5     | 16,5       |
| Right 35° to Midship  | 14       | 13,5     | 8          |



|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| Time of Test                       | 3 MINUTES    |
| Course                             | 037 DEGREES  |
| Sea Condition                      | 0,7 m        |
| Wind velocity & direction          | 5 KNOTS, NNE |
| Deep of water                      | 15m          |
| Shaft RPM at the beginning of test | 0 RPM        |
| Shaft RPM at the end of test       | 0 RPM        |
| Max. Rudder angle                  | 35 DEGREES   |

**Fuente:** Manual de navegación Monte Toledo.

<sup>21</sup> Fuente: SOLAS, acrónimo de la denominación inglesa del convenio: "Safety of Life at Sea", traducido al castellano como "El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar"

**Imagen 13 & 14:** Servomotores.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

Teniendo en cuenta lo establecido por el SOLAS y viendo los resultados de una prueba rutinaria de gobierno realizada antes de la maniobra, podemos ver que el buque cumple con los requisitos vigentes establecidos por la OMI.

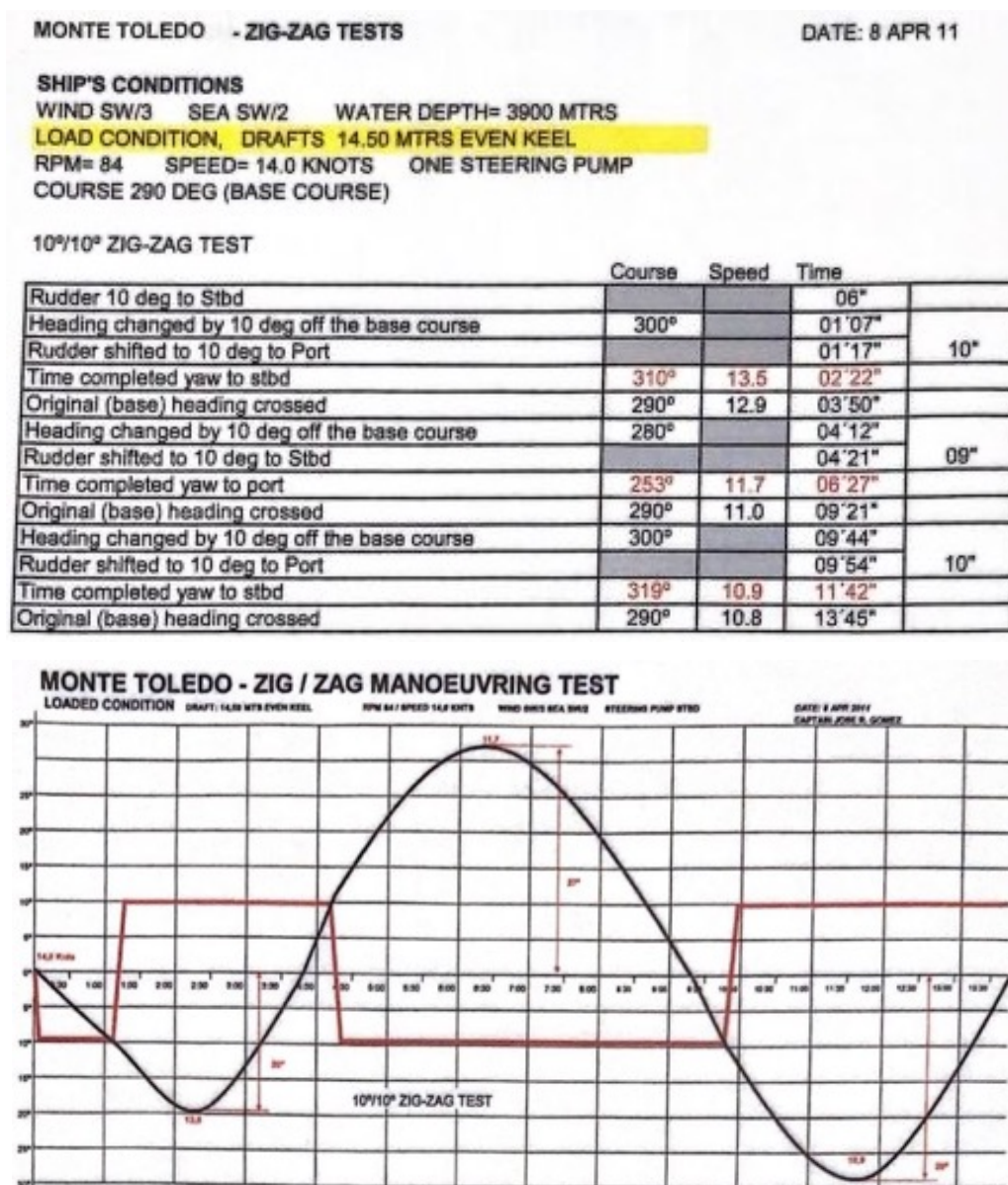
Todo lo ya desarrollado en cuanto al gobierno se complementa con las tablas conocidas como **Maniobra de Kempt o Zigzag Test**, las cuales he mencionado anteriormente en este apartado y son una parte importante de las pruebas de mar, donde se evalúa el tiempo que tarda el timón por medio de los servomotores en responder a la acción realizada por el timonel y el tiempo que tarda el buque en reaccionar a esta.

Esta prueba como es de esperar se realiza en las condiciones de buque cargado y buque en lastre y consta de 3 ejercicios, uno que es ir haciendo “zigzags” metiendo el timón 10 grados a una banda hasta que el buque pone maniobra 10 grados del rumbo original, momento que se pone 10 grados a la banda contraria hasta que el buque maniobra 10 grados del rumbo inicial. Este ejercicio se realiza también metiendo 20 grados de timón en vez de 10 y por último alternando entre 20 y 10 grados, una mezcla de los dos anteriores.

Es muy importante conocer estas tablas y saber entenderlas ya que son de gran utilidad para familiarizarse con la maniobrabilidad del buque y saber cómo dar las ordenes al timonel tanto por parte del Capitán como de los oficiales y el práctico para poder gobernar el buque de una manera eficiente y

segura. Así mismo también deben los propios timoneles conocerlo para cuando se les de las ordenes entender lo que se les está mandando y porque y en el caso de que se les mandase gobernar a un rumbo o cambiar este saber cómo reaccionar adecuadamente.

Imagen 15 &16: Maniobra Kempt, Zigzag de 10-10.



Fuente: Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

En estas dos ilustraciones podemos ver la representación gráfica de estas pruebas de mar, en la primera imagen nos adjuntan los parámetros en los que se han dado la prueba, así como los datos recopilados durante esta.

En la segunda vemos una gráfica que sirve para interpretar visualmente la acción del barco en estas pruebas, donde vemos de color rojo los grados de metida del timón y en color negro la fluctuación del rumbo respecto al inicial. Todo esto medido sobre dos ejes coordenados donde el eje 'x' representaría el '*tiempo*' y el eje 'y' los '*grados*'.

En las ilustraciones podemos ver que estas graficas corresponden a una situación en carga, si estuviéramos en lastre el barco reaccionario antes al timón y por lo tanto la gráfica cambiaria. El resto de las tablas de estas pruebas se pueden consultar en el final de este trabajo en el Anexo I de 'Maniobra de Kempt'

Después de este inciso y retomando el cuadro de maniobra principal, observamos que nos indica la velocidad de levado de anclas, en la cual no haremos mucho hincapié ahora ya que hablaremos de este tema en profundidad en el punto 2.2 de este trabajo final de grado. Lo que sí que es de interés en este apartado son las revoluciones y velocidades del buque, ya que son un aspecto fundamental del gobierno del buque. Los tres puntos más importantes para destacar aquí serían las **mínimas revoluciones del buque**, las cuales son **26** y dan una **mínima velocidad teórica de 3,1 nudos**, la mínima velocidad para que el timón responda y podamos gobernar el buque, por lo que es un dato de especial interés en maniobras en puerto que es lo que más nos interesa en este trabajo, al igual que la fuerza de la **hélice atrás toda** en comparación con avante toda, que es un **34,1% menor**, lo cual es de especial importancia tener en cuenta en maniobras portuarias.

Otros aspectos importantes en cuanto a las revoluciones son las **revoluciones críticas** del buque, las cuales están entre '*half ahead*<sup>22</sup>' y '*full ahead*<sup>23</sup>' y son del valor comprendido entre 50 y 61 RPM. Al igual es de interés

---

<sup>22</sup> Termino en ingles que hace referencia a 'media avante'

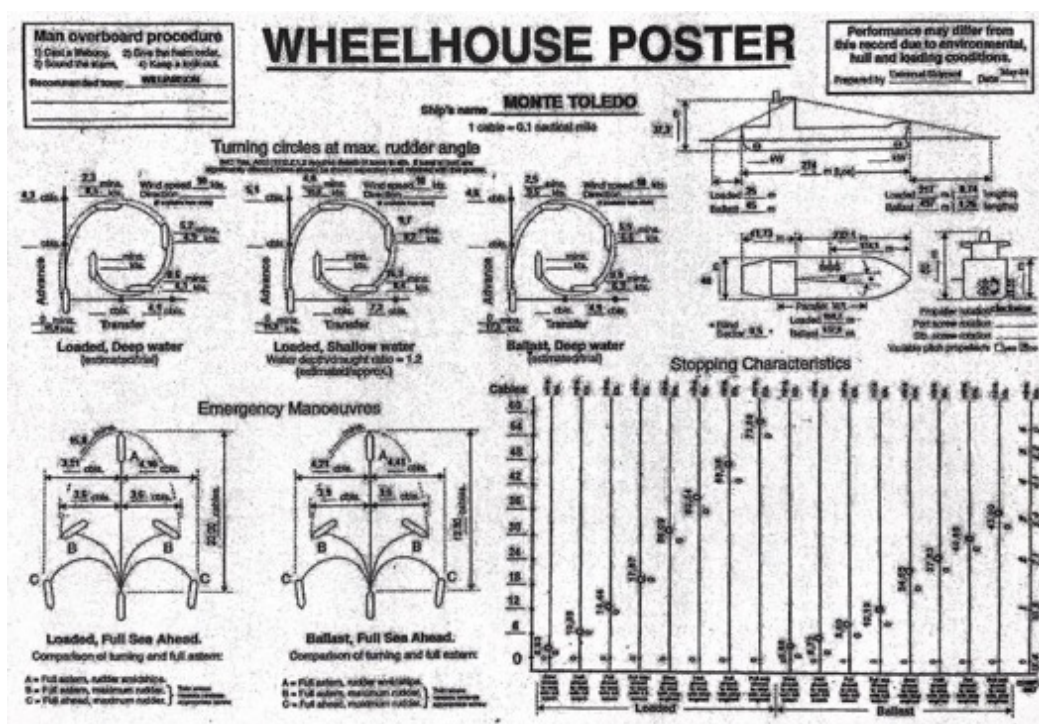
<sup>23</sup> Termino en ingles que hace referencia a 'toda avante'



saber que por debajo de 64 revoluciones se considera **velocidad de maniobra** y no de navegación y los consumos de la maquina aumentan.

Por último, tenemos los tiempos que tarda la máquina de **todo adelante a todo atrás en caso de emergencia** y de parados a todo atrás, los cuales son 284 y 60 segundos respectivamente y está muy vinculado a la parada de emergencia o 'crash stop' el cual estudiaremos junto a las curvas de evolución del barco a continuación.

Imagen 17: Cuadro maniobra Monte Toledo segunda parte.



Fuente: Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

En el segundo cuadro de maniobra tenemos información relativa a maniobras de emergencia del buque y puntos muertos de este.

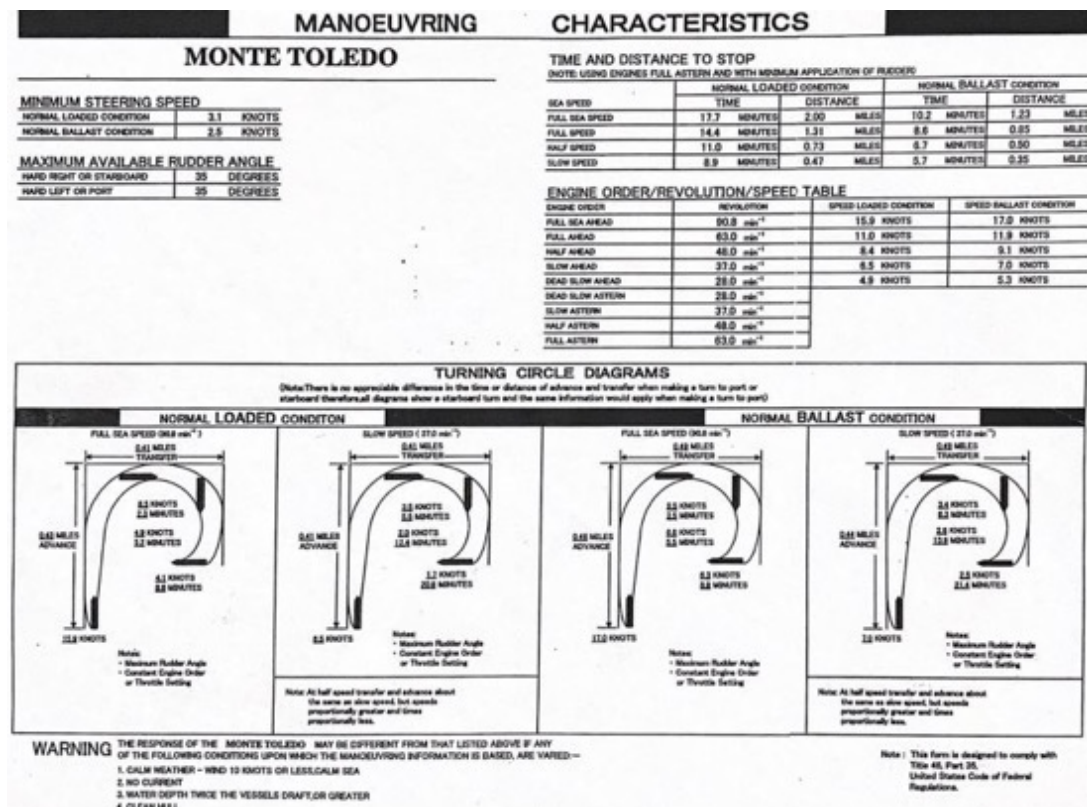
Las curvas de evolución son uno de los datos más relevantes que debemos saber de nuestro buque, las cuales se definen como *'la trayectoria descrita por el centro de gravedad de un buque cuando se le hace girar manteniendo*



un régimen de máquinas y un ángulo de timón constante<sup>24</sup> para entenderlas mejor cabe primero estudiar un poco los escenarios en los que tienen lugar, los cuales dependen de 4 factores esencialmente: condición del barco, agua bajo quilla, corrientes y vientos.

En las curvas de evolución teóricas que tenemos a bordo lo primero que hay que saber es en qué condiciones se realizaron, para ello a parte del cuadro de maniobra, podemos servirnos de los manuales del buque que se encuentran a disposición a bordo donde encontraremos más detalles de estas pruebas, en especial de en qué condiciones se realizaron para, partiendo de este punto, poder deducir otros posibles escenarios.

Imagen 18: Curvas evolución Monte Toledo.



Fuente: Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

<sup>24</sup> Fuente: ROM 3.1-99 parte 6

De estas ilustraciones y la sección '6.2.4. VARIACION DE PARAMETROS DE NAVEGACION RELACIONADOS CON LA CURVA EVOLUTIVA' deducimos lo siguiente:

- Avance y desviación lateral: El **avance** de este buque como en la mayoría alcanza su mayor distancia para una caída de 90 grados respecto al rumbo original, siendo siempre mayor que la desviación lateral y prácticamente independiente de la velocidad, dependiendo casi exclusivamente del ángulo de metida de timón (35°), y del calado variando en este buque **entre 4,1 y 5,1 cables (3 y 4 esloras) y siendo mayor en carga con aguas someras, un 20% mayor.**  
**En cuanto a la desviación lateral oscila entre 1 y 2 cables (1 eslora aproximadamente)**
- Diámetro táctico y final: Este no varía prácticamente en función de la velocidad, si no en función del ángulo de metida del timón y de la profundidad, siendo mayor cuando más someras sean las aguas y variando **entre 4,1 y 7,1 (3 y 5 esloras) siendo el mayor en carga con aguas someras, un 43% mayor.**
- Influencia de la forma del casco: Cuanto más rectangular sea la parte sumergida del plano de crujía tanto mayor es el diámetro táctico, una vez más vemos que según la normativa de la OMI nuestro buque cumple lo establecido dado que *'el valor máximo admisible del diámetro táctico de los buques de nueva construcción con **eslora mayor de 100 m en grandes profundidades de agua, a 5 esloras para ángulos de timón de 35°**.'*<sup>25</sup>
- Influencia del calado y las condiciones de carga: Cuando el buque este más cargado mayor será su curva de evolución, no obstante, al ir

---

<sup>25</sup> Fuente: ROM 3.1-99 parte 6.

cargado suele ir en aguas iguales y en lastre apopado, lo cual hace que al apoparse en lastre el centro de gravedad se desplace hacia popa, ocasionando que en este buque comparando las curvas de evolución en aguas profundas cargados y en lastre se mayor el diámetro táctico y el avance en lastre debido al apopamiento que este sufre en esa condición. **(Avances carga/lastre = 4,3/4,5, diámetros tácticos carga/lastre = 4,1/4,5).**

- Tiempo de la evolución: La duración de la evolución se ve afectada en función del ángulo de timón y la velocidad, como aquí estamos estudiando la curva para el máximo ángulo de timón el factor que nos interesa es la velocidad, **a mayor velocidad menos tiempo tardaremos** en realizar la curva. A máxima velocidad y cargado este buque tarda unos **12,5'** mientras que en la misma condición a muy poca avance **30,2'**, siendo la curva de evolución prácticamente la misma como vemos en la *imagen 18* y podemos comprobar que en lastre pasa lo mismo, u obstante al ir el barco bastante apopado en comparación como va en carga los tiempos incrementan **(13' y 31,5')** pese a que la velocidad sea mayor debido a lo explicado anteriormente respecto al centro de gravedad del buque.
- Velocidad lineal: Dado el rozamiento producido por el timón y las fuerzas resultantes que hacen que este pivote en torno a la curva de evolución con un cierto ángulo de deriva obtenemos que su velocidad se vaya reduciendo drásticamente hasta su máximo avance y posteriormente sigue disminuyendo gradualmente hasta que completa la curva. **La relación de nuestro buque es aproximadamente una pérdida del 74% de su velocidad final respecto a la inicial, que es constante en carga y un 64% en lastre, donde ya solo el 47% y el 48% respectivamente se pierde en el tramo que abarca al máximo avance o rumbo que difiere 90° de la inicial.**<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Para obtener estos valores hemos realizado un promedio entre las velocidades iniciales y finales de la imagen número 18.

- Velocidad angular: Para medir esta, a bordo poseemos el indicador de 'Rate of turn'<sup>27</sup>, el cual usa la velocidad de giro de la giroscópica al cambiar de rumbo para obtener la velocidad de caída del buque. Este dispositivo mide entre 0 y 30 grados/minutos, lo cual vendría ser lo mismo que decir que mide entre 0 y 0,5 grados/segundos. La máxima caída que en la práctica alcanzan los buques oscila entre 3 y 1 grado por segundo, siendo esta caída mayor justo antes de alcanzar los 90 grados de diferencia con el rumbo inicial y disminuyendo poco a poco hasta quedarse fija en las proximidades de 1 grados por segundo. Para ver de una forma más clara la velocidad angular de nuestro buque he creado la siguiente tabla:

**Tabla 2:** Caída del buque en las curvas evolutivas:

|                  | CARGADO     |              |                  |                 | LASTRE      |              |                  |                 |
|------------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|
|                  | Tiempo en ' | Cambio rumbo | Caída en ggg/min | Caída en ss/min | Tiempo en ' | Cambio rumbo | Caída en ggg/min | Caída en ss/min |
| MAXIMA VELOCIDAD | 2,3         | 90           | 39,13            | 0,65            | 2,5         | 90           | 36,00            | 0,60            |
|                  | 5,2         | 180          | 34,62            | 0,58            | 5,5         | 180          | 32,73            | 0,55            |
|                  | 8,6         | 270          | 31,40            | 0,52            | 8,9         | 270          | 30,34            | 0,51            |
|                  | 12,5        | 360          | 28,80            | 0,48            | 13          | 360          | 27,69            | 0,46            |
|                  |             |              |                  |                 |             |              |                  |                 |
| MINIMA VELOCIDAD | 5,5         | 90           | 16,36            | 0,27            | 6,3         | 90           | 14,29            | 0,24            |
|                  | 12,4        | 180          | 14,52            | 0,24            | 13,9        | 180          | 12,95            | 0,22            |
|                  | 20,8        | 270          | 12,98            | 0,22            | 21,4        | 270          | 12,62            | 0,21            |
|                  | 30,2        | 360          | 11,92            | 0,20            | 31,5        | 360          | 11,43            | 0,19            |
|                  |             |              |                  |                 |             |              |                  |                 |

**Elaboración:** Propia a través de Excel.

En esta tabla podemos ver como la velocidad angular va variando según lo explicado anteriormente.

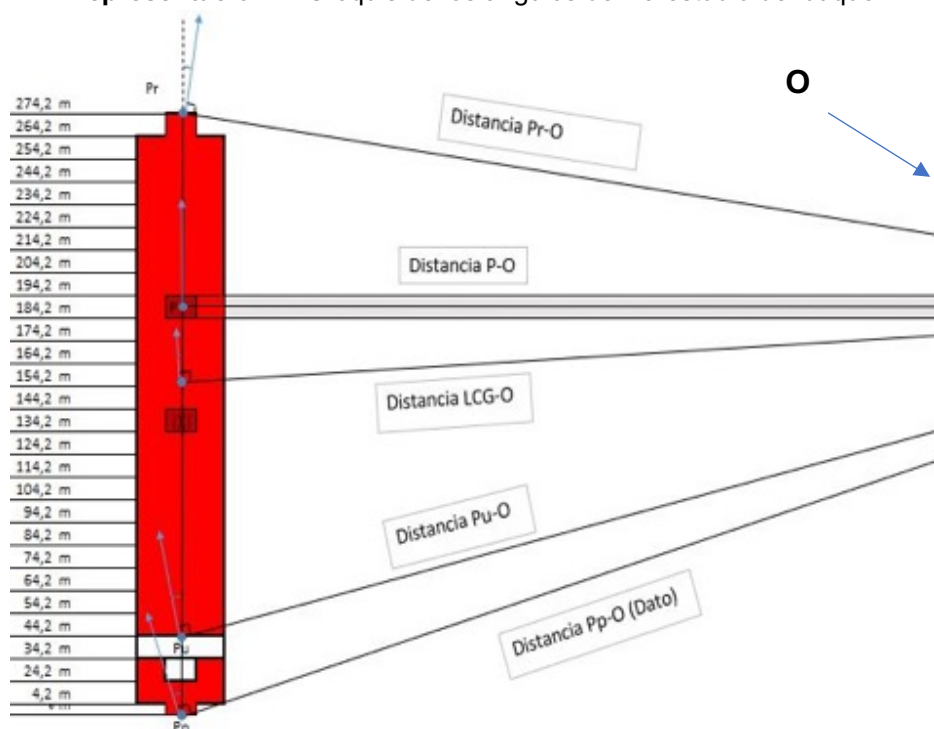
- Angulo deriva y rabeo de la popa: Este es el ángulo respecto a la línea de crujía del buque de la perpendicular a la recta trazada desde el centro (O) de la curva de evolución hasta el punto donde se estudia la caída (xx). Este va de mayor a menor de popa (Pp), donde es máximo y opuesto a la metida de timón (rabeo popa), hasta el centro de pivote del buque (P), situado a un tercio de la eslora de este contando desde proa (Pr), siendo 0 en el punto de pivote (P). De este punto hasta la

<sup>27</sup> Termino en ingles referente a 'caída del buque'

proa (Pr) se incrementa hasta alcanzar un valor de caída máximo al lado de metida de timón en proa (Pr) y 0 en el punto de pivote (P).

Para comprender mejor esto se ha realizado un estudio a partir de la imagen 18 de este trabajo, para establecer los valores de estos ángulos, así como clarificar un poco más su representación de una manera gráfica por medio de Excel.

**Representación 1:** Croquis de los ángulos deriva estudio del buque.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

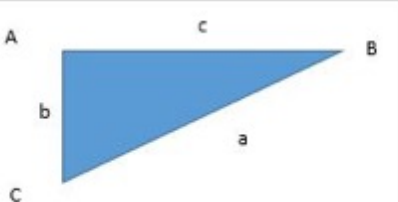
Para la realización del estudio analizaremos los ángulos de deriva en distintos puntos notorios de la punta de crujía como la popa, el puente, el centro de gravedad, el punto de pivote y la proa, así como un estudio cada 10 metros para obtener una gráfica de la evolución del ángulo de deriva a lo largo de la eslora en las distintas condiciones de navegación del buque.

Para dicho calculo necesitamos 'crear' una fórmula que nos dé el ángulo de deriva a partir de los datos que podemos obtener o saber de

dos triángulos rectángulos que tienen como eje la línea P-O estando en P el ángulo rectángulo y hallándose C en Pp y Pr de cada triángulo.

Partiendo del dato principal (el diámetro táctico de la popa) que es el dato Pp-O y conociendo la eslora, así como las distancias necesarias que extraemos del cuadro de maniobra y de los planos del buque podremos hallar nuestras formulas por medio de los teoremas de Pitágoras y de Coseno de la trigonometría plana. También cabe mencionar que los puntos de referencia para nuestras medidas serán siempre la Popa (Pp) para medidas del buque en los datos y el punto de pivote (P) para las fórmulas.

**Tabla 3:** Datos valores usados para la resolución.

|  |          |   |          |
|--|----------|---|----------|
| <p><u>Teoremas usados para el calculo:</u></p> <p><u>Teorema pitagoras:</u> <math>a^2 = b^2 + c^2</math></p> <p><u>Teorema coseno:</u> <math>a^2 = b^2 + c^2 - 2 \times a \times b \times \cos(A)</math></p> |          |  |          |
| Datos cargados, velocidad maxima aguas profundas   |          | Datos cargados, velocidad minima aguas profundas                                    |          |
| Eslora   | 274,2 m  | Eslora  | 274,2 m  |
| P  | 182,8 m  | P   | 182,8 m  |
| l)(l   | 136 m    | l)(l  | 136 m    |
| Lcg  | 146,21 m | Lcg   | 146,21 m |
| Pp-O   | 379,66 m | Pp-O  | 379,66 m |
| Datos cargados, velocidad maxima aguas poco profundas  |          | Datos cargados, velocidad minima aguas poco profundas                               |          |
| Eslora   | 274,2 m  | Eslora  | 274,2 m  |
| P  | 182,8 m  | P   | 182,8 m  |
| l)(l   | 136 m    | l)(l  | 136 m    |
| Lcg  | 146,21 m | Lcg   | 146,21 m |
| Pp-O   | 666,72 m | Pp-O  | 666,72 m |
| Datos lastre, velocidad maxima aguas profundas   |          | Datos clastre, velocidad minima aguas profundas                                     |          |
| Eslora   | 274,2 m  | Eslora  | 274,2 m  |
| P  | 182,8 m  | P   | 182,8 m  |
| l)(l   | 136 m    | l)(l  | 136 m    |
| Lcg  | 142,06 m | Lcg   | 142,06 m |
| Pp-O   | 453,74 m | Pp-O  | 453,74 m |

**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Una vez obtenidos los datos y la teoría necesario comenzamos con el **desarrollo de la formula trigonométrica** despejándolas hasta obtener una formula general y otra especifica la cual usaremos para la resolución final.

**Representación 2:** Calculo de las fórmulas del ángulo de deriva.

Resolucion para B entre P y Pp ( Entre 0 y 182,8 metros respectivamente)

P-Pp = 182,8 m  
Pp-O = 379,66 m

P-O = ¿?  
C = ¿?

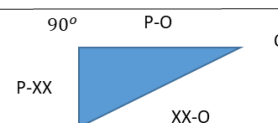
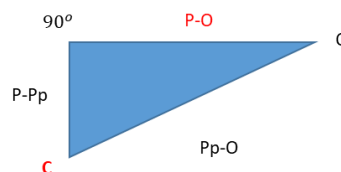
Teorema pitagoras: 1)  $PpO^2 = PPp^2 + PO^2$   
2)  $PO^2 = PpO^2 - PPp^2 \rightarrow PO = \sqrt{PpO^2 - PPp^2}$

Teorema coseno: 1)  $PO^2 = PpO^2 + PPp^2 - 2 \times PpO \times PPp \times \cos(C)$   
2)  $\cos(C) = \frac{(PpO^2 - PPp^2 - PO^2)}{(-2 \times PpO \times PPp)}$

Juntamos las dos formulas 2):  $\cos(C) = \frac{(PpO^2 - PPp^2 - PO^2)}{(-2 \times PpO \times PPp)}$   
**B = 90 - C**

Formula general simplificada =  $\cos(C) = \frac{(PO^2 - XXO^2 - PXX^2)}{(-2 \times XXO \times PXX)}$   
**B = 90 - C**

Formula general desarrolada =  $\cos(C) = \frac{((PpO^2 - PPp^2) - (PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2)) - PXX^2)}{(-2 \times (\sqrt{PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2)}) \times PXX)}$   
**B = 90 - C**



$$XXO^2 = PXX^2 + PO^2$$

$$XXO^2 = (PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2))$$

$$XXO = \sqrt{(PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2))}$$

Resolucion para B entre P y Pr ( Entre 0 y 91,4 metros respectivamente)

P-Pr = 91,4 m  
P-O = 332,755 m

Pr-O = ¿?  
C = ¿?

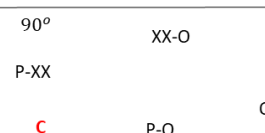
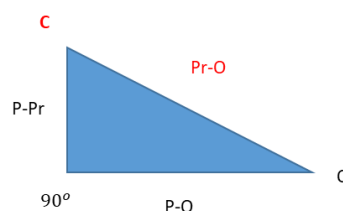
Teorema pitagoras: 1)  $PrO^2 = PPr^2 + PO^2$   
2)  $PrO = \sqrt{PPr^2 + PO^2}$

Teorema coseno: 1)  $PO^2 = PrO^2 + PPr^2 - 2 \times PrO \times PPr \times \cos(C)$   
2)  $\cos(C) = \frac{(PO^2 - PrO^2 - PPr^2)}{(-2 \times PrO \times PPr)}$

Juntamos las dos formulas 2):  $\cos(C) = \frac{(PO^2 - (PPr^2 + PO^2) - PPr^2)}{(-2 \times (\sqrt{PPr^2 + PO^2}) \times PPr)}$   
**B = 90 - C**

Formula general simplificada =  $\cos(C) = \frac{(PO^2 - XXO^2 - PXX^2)}{(-2 \times XXO \times PXX)}$   
**B = 90 - C**

Formula general desarrolada =  $\cos(C) = \frac{((PpO^2 - PPp^2) - (PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2)) - PXX^2)}{(-2 \times (\sqrt{PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2)}) \times PXX)}$   
**B = 90 - C**



$$XXO^2 = PXX^2 + PO^2$$

$$XXO^2 = (PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2))$$

$$XXO = \sqrt{(PXX^2 + (PpO^2 - PPp^2))}$$

**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

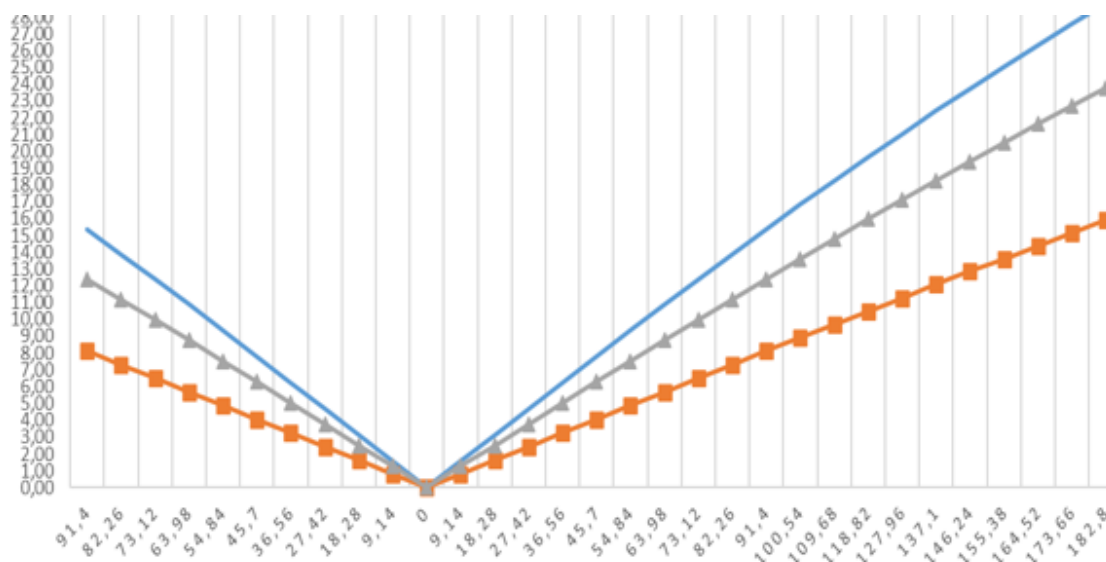
Después de desglosar nuestra formula podemos observar que dependerá especialmente de **2 factores**:

- PO: La distancia del centro de pivote al centro de la curva de evolución.

- XXO: La distancia del punto donde se mide el ángulo de deriva al centro de la curva de evolución.
- PO: en función de PpO (distancia radio táctico de caída de popa, valor dado en las curvas de este buque) y PPp (distancia del punto de pivote a la popa). Este valor será constante y variará en función de la condición del barco (lastre o carga y la velocidad)
- XXO: en función de PXX (distancia sobre la línea de crujía del punto pivote a punto donde se mide el ángulo deriva) y PO. Podemos entonces decir que este valor depende exclusivamente del lugar donde mismos si consideramos PO constante para una condición del buque.

Sabiendo todo esto y realizando los cálculos con las fórmulas obtenidas podemos ver los siguientes valores de B para diferentes puntos de la línea de crujía en las distintas condiciones que podemos encontrar a el buque en navegación:

**Grafica 1:** Valores del ángulo de caída (B) según condición y puntos eslora.<sup>28</sup>



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

<sup>28</sup> Cabe destacar también que la separación entre puntos ha sido **9,14** ya que es la división entre de 10 partes proporcionales de un tercio de la eslora, un valor cómodo para trabajar.



Tabla 4: Valores Grafico.<sup>29</sup>

|            | CRAGA AGUAS PROFUNDAS |         |         | CRAGA AGUAS SOMERAS |         | LASTRE AGUAS PROFUNDAS |         |
|------------|-----------------------|---------|---------|---------------------|---------|------------------------|---------|
|            | Pp-O                  | 379,66  |         | 666,72              |         | 453,74                 |         |
|            | PUNTOS                | VALOR C | VALOR B | VALOR C             | VALOR B | VALOR C                | VALOR B |
| Pr         | 91,4                  | 74,64   | 15,36   | 81,89               | 8,11    | 77,59                  | 12,41   |
|            | 82,26                 | 76,11   | 13,89   | 82,69               | 7,31    | 78,80                  | 11,20   |
|            | 73,12                 | 77,61   | 12,39   | 83,49               | 6,51    | 80,01                  | 9,99    |
|            | 63,98                 | 79,12   | 10,88   | 84,30               | 5,70    | 81,24                  | 8,76    |
|            | 54,84                 | 80,64   | 9,36    | 85,11               | 4,89    | 82,48                  | 7,52    |
|            | 45,7                  | 82,18   | 7,82    | 85,92               | 4,08    | 83,72                  | 6,28    |
|            | 36,56                 | 83,73   | 6,27    | 86,74               | 3,26    | 84,97                  | 5,03    |
|            | 27,42                 | 85,29   | 4,71    | 87,55               | 2,45    | 86,22                  | 3,78    |
|            | 18,28                 | 86,86   | 3,14    | 88,37               | 1,63    | 87,48                  | 2,52    |
|            | 9,14                  | 88,43   | 1,57    | 89,18               | 0,82    | 88,74                  | 1,26    |
| P          | 0                     | 90,00   | 0,00    | 90,00               | 0,00    | 90,00                  | 0,00    |
|            | 9,14                  | 88,43   | 1,57    | 89,18               | 0,82    | 88,74                  | 1,26    |
|            | 18,28                 | 86,86   | 3,14    | 88,37               | 1,63    | 87,48                  | 2,52    |
|            | 27,42                 | 85,29   | 4,71    | 87,55               | 2,45    | 86,22                  | 3,78    |
| LCG<br> )( | 36,56                 | 83,73   | 6,27    | 86,74               | 3,26    | 84,97                  | 5,03    |
|            | 45,7                  | 82,18   | 7,82    | 85,92               | 4,08    | 83,72                  | 6,28    |
|            | 54,84                 | 80,64   | 9,36    | 85,11               | 4,89    | 82,48                  | 7,52    |
|            | 63,98                 | 79,12   | 10,88   | 84,30               | 5,70    | 81,24                  | 8,76    |
|            | 73,12                 | 77,61   | 12,39   | 83,49               | 6,51    | 80,01                  | 9,99    |
|            | 82,26                 | 76,11   | 13,89   | 82,69               | 7,31    | 78,80                  | 11,20   |
|            | 91,4                  | 74,64   | 15,36   | 81,89               | 8,11    | 77,59                  | 12,41   |
|            | 100,54                | 73,19   | 16,81   | 81,09               | 8,91    | 76,39                  | 13,61   |
|            | 109,68                | 71,76   | 18,24   | 80,29               | 9,71    | 75,21                  | 14,79   |
|            | 118,82                | 70,35   | 19,65   | 79,50               | 10,50   | 74,03                  | 15,97   |
| Pu         | 127,96                | 68,97   | 21,03   | 78,71               | 11,29   | 72,87                  | 17,13   |
|            | 137,1                 | 67,61   | 22,39   | 77,93               | 12,07   | 71,73                  | 18,27   |
|            | 146,24                | 66,28   | 23,72   | 77,15               | 12,85   | 70,60                  | 19,40   |
|            | 155,38                | 64,97   | 25,03   | 76,38               | 13,62   | 69,49                  | 20,51   |
|            | 164,52                | 63,69   | 26,31   | 75,61               | 14,39   | 68,39                  | 21,61   |
| Pp         | 173,66                | 62,44   | 27,56   | 74,85               | 15,15   | 67,31                  | 22,69   |
|            | 182,8                 | 61,22   | 28,78   | 74,09               | 15,91   | 66,24                  | 23,76   |

Fuente: Elaboración propia a través de Excel.

Como se aprecia en la tabla los **valores aumentan** desde el punto de pivote ( $P=0$ ) hasta la Proa ( $Pr=91,4$ ) y de P hasta Popa ( $Pp=182,8$ ), siendo siempre **mayor el ángulo en popa** que en proa en las 3 condiciones, concluyendo que la popa siempre tendrá una caída mayor que la proa, para ser exactos del doble casi ya que el Punto P se encuentra a un tercio de la proa y dos tercios de la popa.

<sup>29</sup> En esta tabla los valores en rojo de **Lcg**, **|)(|** y **Pu** no son exactos debido a la separación de 9,14 metros entre puntos, para los valores exactos consultar la **tabla 4**.

De todos estos **valores los más interesantes** son los relacionados con la Proa (Pr) o caída del buque, el punto de pivote (P), el Centro de gravedad longitudinal (LCG), la cuaderna maestra (|)(|), el puente de mando (Pu) y la popa (Pp).

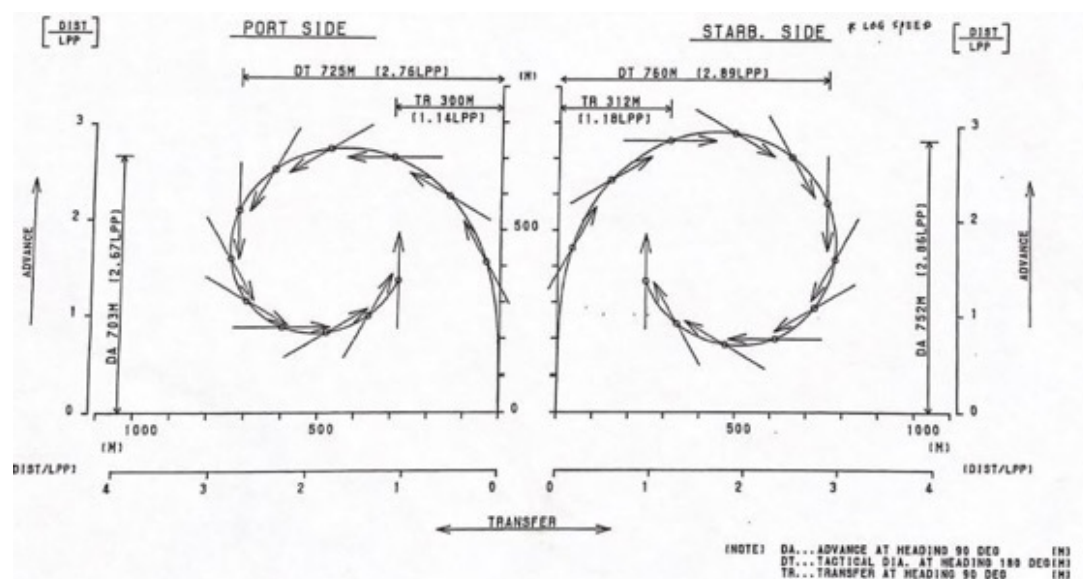
**Tabla 5:** Valores exactos más importantes B.

| Datos cargados, velocidad maxima aguas profundas      |            |            |                  | Datos cargados, velocidad minima aguas profundas      |            |            |                  |
|---|------------|------------|------------------|---|------------|------------|------------------|
| Puntos  | Distancias | Valor de C | Valor B (deriva) | Puntos  | Distancias | Valor de C | Valor B (deriva) |
| P-Pr  | 91,4       | 74,64      | 15,36            | P-Pr  | 91,4       | 74,64      | 15,36            |
| P-LCG   | 36,59      | 83,72      | 6,28             | P-LCG   | 36,59      | 83,72      | 6,28             |
| P- )(   | 46,8       | 81,99      | 8,01             | P- )(   | 46,8       | 74,64      | 15,36            |
| P-Pu  | 134,8      | 67,95      | 22,05            | P-Pu  | 134,8      | 67,95      | 22,05            |
| P-Pp  | 182,8      | 61,22      | 28,78            | P-Pp  | 182,8      | 61,22      | 28,78            |
| Datos cargados, velocidad maxima aguas poco profundas |            |            |                  | Datos cargados, velocidad minima aguas poco profundas |            |            |                  |
| Puntos  | Distancias | Valor de C | Valor B (deriva) | Puntos  | Distancias | Valor de C | Valor B (deriva) |
| P-Pr  | 91,4       | 81,89      | 8,11             | P-Pr  | 91,4       | 81,89      | 8,11             |
| P-LCG   | 36,59      | 86,73      | 3,27             | P-LCG   | 36,59      | 86,73      | 3,27             |
| P- )(   | 46,8       | 85,83      | 4,17             | P- )(   | 46,8       | 85,83      | 4,17             |
| P-Pu  | 134,8      | 78,13      | 11,87            | P-Pu  | 134,8      | 78,13      | 11,87            |
| P-Pp  | 182,8      | 74,09      | 15,91            | P-Pp  | 182,8      | 74,09      | 15,91            |
| Datos lastre, velocidad maxima aguas profundas        |            |            |                  | Datos lastre, velocidad minima aguas profundas        |            |            |                  |
| Puntos  | Distancias | Valor de C | Valor B (deriva) | Puntos  | Distancias | Valor de C | Valor B (deriva) |
| P-Pr  | 91,4       | 77,59      | 12,41            | P-Pr  | 91,4       | 77,59      | 12,41            |
| P-LCG   | 40,74      | 84,40      | 5,60             | P-LCG   | 40,74      | 84,40      | 5,60             |
| P- )(   | 46,8       | 83,57      | 6,43             | P- )(   | 46,8       | 83,57      | 6,43             |
| P-Pu  | 134,8      | 72,02      | 17,98            | P-Pu  | 134,8      | 72,02      | 17,98            |
| P-Pp  | 182,8      | 66,24      | 23,76            | P-Pp  | 182,8      | 66,24      | 23,76            |

**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

- Efecto de la hélice: Lo ideal sería realizar las maniobras en este buque cayendo a babor, dado que está dotado de una hélice dextrógira que le hará tener una curva evolutiva más cerrada hacia esta banda, no obstante el efecto avante de la hélice es mínimo y cómo podemos ver en la *imagen 19* la diferencia entre caer a babor y a estribor a penas **oscila en 35 (5%) metros en el diámetro táctico, 50 metros (7%) de diferencia en el avance y un poco más de 10 metros (4%) en el traslado, por lo que se considera la misma curva para ambas bandas.**

**Imagen 19:** Comparación evolución babor y estribor.



**Fuente:** Biblioteca de abordaje Monte Toledo.

- Efectos de vientos y corrientes: Mas adelante estudiaremos los efectos de estas dos variables en el buque, por ahora nos interesa únicamente conocer que el viento haría que la curva se pronunciase cuando el buque intentase orzar y pasar la proa por delante de este y las corrientes nos harían desplazar la curva de evolución sobre el fondo, pero esta no se vería afectada.

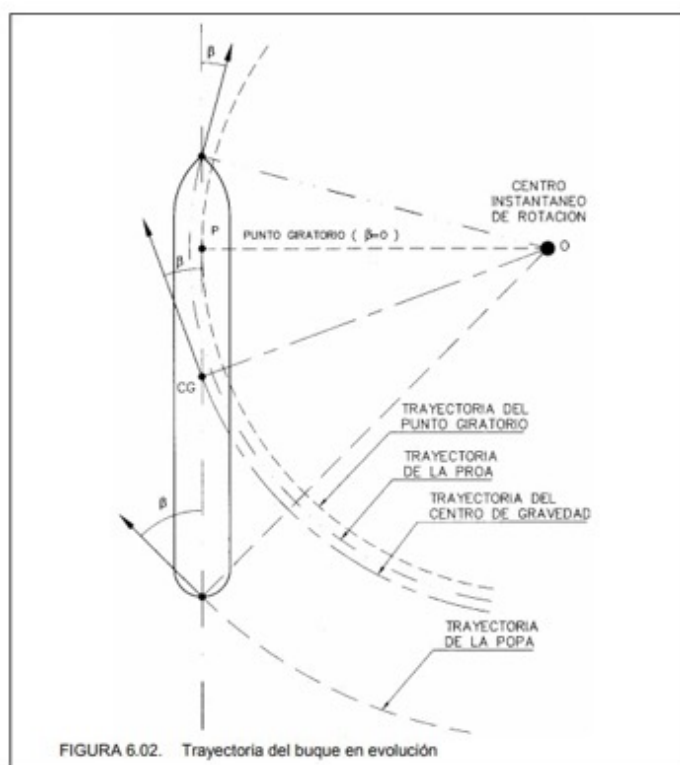
Teniendo en cuenta lo descrito podemos decir que la situación más extrema sería la del buque en lastre en aguas poco profundas, situación que no se suele dar ya que el buque entra en puertos con suficiente resguardo como para no varar cuando cargue, por lo que en la practica la condición más realista sería la de **cargados en aguas poco profundas** donde tendremos que tener en cuenta que necesitaríamos más de **7 cables (5 esloras)** de franquía para poder revirar el buque en una sola acción de timón y máquina.

Como bien hemos explicado antes la curva de evolución representa el giro realizado por el **centro de gravedad** del buque, el cual puede diferir del **centro de pivote** del navío, el cual se caracteriza por ser tangente en todo momento al centro de giro de la curva descrita por el buque. Como regla

general este se haya 1/3 de la eslora hacia popa midiendo desde la proa, pero varía en función de la velocidad del buque, desplazándose a proa a mayor velocidad y a popa a menor y en función de a popamiento o lo aproado que este el buque variara hacia popa o proa el centro de gravedad del buque, favoreciendo a su curva de evolución cuando más hacia proa este disminuyendo el ángulo de deriva.

En el Monte Toledo se encuentra situado a proa del manifold, aproximadamente a 91,4 metros contando desde la proa y prácticamente varia con la velocidad como se puede apreciar en las curvas de evolución estudiadas anteriormente en la imagen 18 de este apartado.

**Imagen 20:** La curva de evolución.



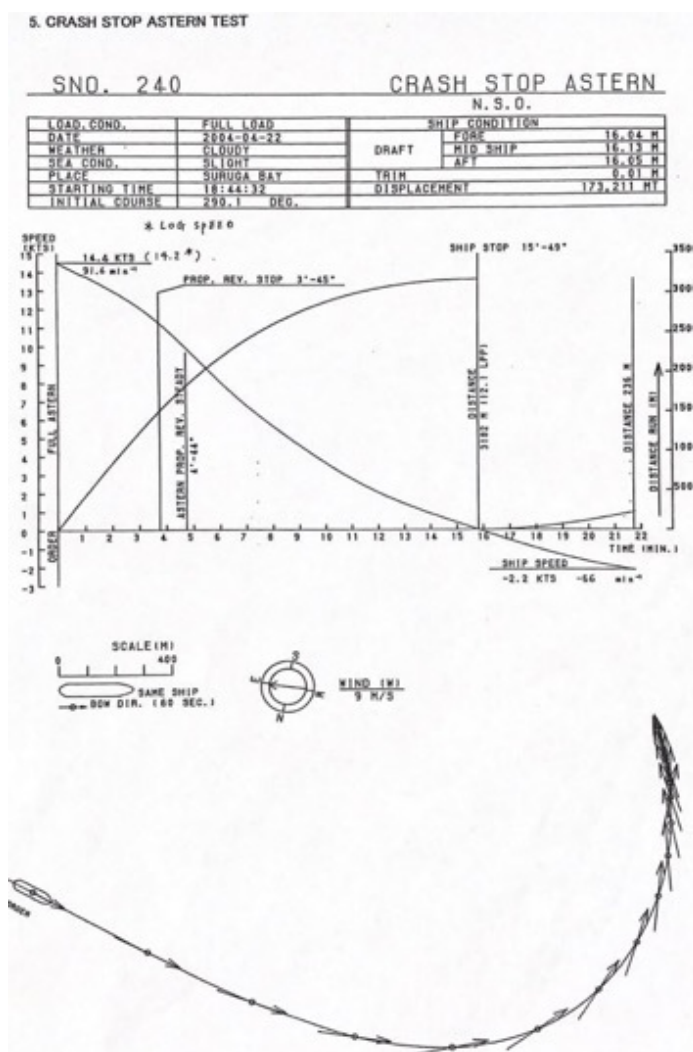
**Fuente:** ROM 3.1-99 parte 6.

Continuando con el *cuadro de maniobra del Monte Toledo parte 2* expuesto en la imagen 17, encontramos **las paradas de emergencia o 'crash stop'** las cuales viene a ser un tipo de extinción forzada de la arrancada del buque

y no natural ya que se cambia el sentido de empuje de la hélice para parar este, este tipo de parada se denomina de emergencia porque supone dar ‘todo atrás’ independientemente de la velocidad que lleve el barco para evitar algún veril como último recurso. Se realizan una vez en la vida del barco durante las pruebas de mar y luego se evitan a toda costa ya que el esfuerzo al que es sometido el buque en cuanto a vibraciones y tensiones en este tipo de paradas pueden llegar a dañar gravemente el buque dejándolo inoperativo. No obstante, cabe conocerla a la hora de realizar una maniobra ya que siempre que los accidentes geográficos no lo impidan esta será nuestra medida para establecer los puntos de ‘*no retorno*’ en nuestro plan de maniobra.

Como podemos ver en la imagen 17 & 18, cargados y velocidad de navegación tardaríamos **2 millas y 16 minutos en parar el barco**, siempre y cuando no diéramos timón a ninguna banda, en caso de poner el timón a una banda o a otro el tiempo se reduciría en unos minutos y la distancia no obstante se vería reducida más de la mitad incrementando un desplazamiento lateral de 4 cables. Estos datos son bastante orientativos ya que al dar atrás el efecto del barco se puede volver impredecible y aunque pongamos el timón a una banda u a otra al final puede que haga movimientos poco habituales, para tener un ejemplo de lo dicho tenemos la prueba del parado de emergencia del buque en sus pruebas de mar realizadas en Japón una vez botado en astillero. Pese a que la hélice es dextrógira el buque al dar toda atrás tendió a caer hacia babor en vez de estribor que sería lo esperado.

**Imagen 21:** Parada de emergencia en pruebas de mar.



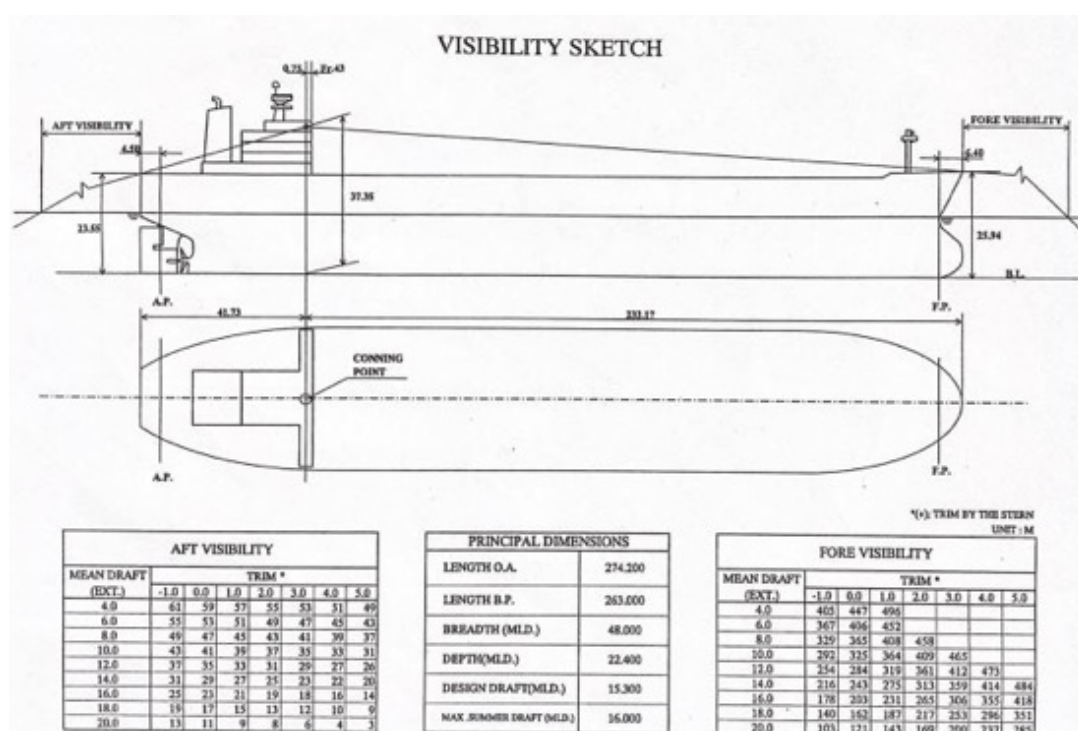
**Fuente:** Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

En definitiva, podemos concluir que el tiempo y distancia de parada del buque dependerán especialmente de su **velocidad inicial, su desplazamiento, su estado de carga**, la forma y condiciones de limpieza de su carena, la profundidad del agua, los efectos del viento, el mar y las corrientes y su sistema de propulsión.

El último los dos aspectos para comentar en cuanto al buque y muy vinculado a las maniobras en puerto para calcular distancias y referencias **son las zonas de no visibilidad y medidas del buque** importantes para realizar las maniobras.

En cuanto a los **sectores ciegos** los más característicos son principalmente la zona muerta de **proa y popa** que varían en función de la condición de carga del buque, oscilando entre **497 y 217 metros o 0,74 y 1,25 esloras a proa y 25 y 45 metros en popa**. Así como el ángulo muerto originado por el mástil de proa que abarca los 0,5 grado. En el capítulo V del SOLAS en la regla 22 nos indica los parámetros que se debe tener en cuanto a puntos ciegos, y el nuestro cumple ya que tiene menos de 500 metros y del doble de la eslora.

Imagen 22: Visibilidad buque general.



Fuente: Biblioteca de abordo B/T Monte Toledo.

Y en cuanto a medidas que son de especial utilidad en la maniobra y que vienen reflejada en la cartilla del practico o '*pilot card*' son el **cuerpo paralelo del buque** o '*parallel body*' el cual también varía en función de la condición del buque entre **150,7 cargados, 137,5 en lastre y 119 en rosca**; y la distancia de proa al manifold de 134,1 metros. Estas medidas fundamentalmente serán las de mayor interés a la hora de atracar el buque y conectar las mangueras o brazos para realizar las operaciones de carga y



descarga. En algunos casos como veremos en las operaciones de STS<sup>30</sup> también entrara en juego la distancia de los alerones respecto a la proa y popa **(232,1 y 41,73 metros respectivamente)** ya que habrá que evitar que los alerones queden a la misma altura para evitar colisiones como ya estudiaremos.

**Tabla 6:** Dimensiones buque de interés.

| Dimensions |   |              |
|------------|---|--------------|
| 1.49       | Length overall (LOA)  | 274.2 Metres |
| 1.50       | Length between perpendiculars (LBP)                               | 263 Metres   |
| 1.51       | Extreme breadth   | 48.04 Metres |
| 1.52       | Moulded breadth   | 48 Metres    |
| 1.53       | Moulded depth   | 22.4 Metres  |
| 1.54       | Keel to masthead  | 50.61 Metres |
| 1.55       | Distance bow to bridge  | 231.7 Metres |
| 1.56       | Distance bridge front - mid point manifold                        | 97.6 Metres  |
| 1.57       | PARALLEL MID-BODY DIAGRAM   |              |
| 1.57.1     | Distance bow to mid-point manifold                                | 134.1 Metres |
| 1.57.2     | Distance stern to mid-point manifold                              | 140.1 Metres |
| 1.57.3     | Light ship parallel body length                                   | 119.9 Metres |
| 1.57.4     | Light ship parallel body - bow to mid-point manifold              | 69.4 Metres  |
| 1.57.5     | Light ship parallel body - stern to mid-point manifold            | 50.5 Metres  |
| 1.57.6     | Normal ballast parallel body length                               | 137.9 Metres |
| 1.57.7     | Normal ballast parallel body length - bow to mid point manifold   | 82.1 Metres  |
| 1.57.8     | Normal ballast parallel body length - stern to mid point manifold | 55.8 Metres  |
| 1.57.9     | Parallel body length at Summer Deadweight (SDWT)                  | 150.7 Metres |
| 1.57.10    | Parallel body length at SDWT - bow to manifold                    | 82.1 Metres  |
| 1.57.11    | Parallel body length at SDWT - stern to mid point manifold        | 68.6 Metres  |

**Fuente:** Biblioteca de a bordo del B/T Monte Toledo.

<sup>30</sup> Siglas referentes al termino en ingles de operaciones *Ship To Ship*. (*Barco a Barco*)



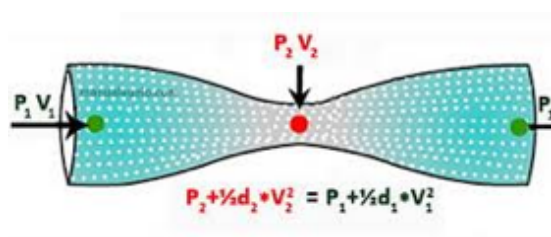
### 2.1.3. Asiento dinámico, calado aéreo e inmersión hélice.

También conocido en inglés como Squat, es uno de los efectos hidrodinámicos más importantes para tener en cuenta del buque al navegar en aguas someras, así como las interacciones que este puede tener con relieves de la costa, canales u otros buques.

Este efecto es producto de otro de mayor conocimiento general llamado 'efecto Venturi' el cual se basa en el principio de Bernoulli, dicho principio establece lo siguiente: *En todo fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento), incomprensible, en régimen laminar de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de todo su recorrido.*<sup>31</sup>

A su vez para demostrar esto y poder esclarecer el efecto Venturi se utilizan las fórmulas de la energía cinética, la potencial gravitatoria y la de flujo para determinar la fórmula que explica matemáticamente este efecto.

**Imagen 23:** Efecto Venturi.



**Fuente:** manualdevuelo.es

**Imagen 24:** Asiento dinámico / Squat



**Fuente:** La influencia de los fenómenos Wake Wash y Squat en el diseño de buques rápidos. (Kimerius)

Como podemos apreciar en las dos últimas imágenes el efecto Venturi tiene lugar en los buques cuando navegan en aguas poco profundas a velocidades considerables, produciéndose una baja presión entre la quilla y el fondo que generan que el calado disminuya.

<sup>31</sup> Fuente: e-ducativa.catedu.es/

En general en los buques se usa este efecto junto a otros parámetros como pueden ser la política de la empresa en resguardo bajo quilla para determinar la línea isobata de seguridad o 'safety contour' en inglés, pero para lo que a nosotros nos respecta nos importa más conocer el efecto que puede llegar a tener en el buque para tenerlo en cuenta a la hora de realizar maniobras de entrada y salida de puerto entre otros.

En los buques petroleros de este tipo que tienen un coeficiente de bloque bastante grande, superior al 70%<sup>32</sup> se calcula el asiento dinámico a partir de la siguiente formula aproximada: **“Squat” (en mts.) = (Coef. de Bloque x Velocidad<sup>2</sup> (nudos)) / 100**<sup>33</sup>

Donde el coeficiente de bloque es igual a él volumen de la carena sumergida dividido entre el producto de la eslora, la manga y el calado del buque en ese instante. En ingeniería naval se parte del valor de  $C_b = 0,7$ <sup>34</sup>; este factor es de especial importancia para determinar si el calado del buque disminuirá hacia proa o hacia popa cuando va en **aguas iguales** (Asiento = 0), en términos generales con coeficientes de bloque mayores a **0,7 (petroleros, graneleros, gaseros...)** el buque tendera a aproarse, mientras que cuando este sea menor de **0,7 (portacontenedores, ferris...)** tendera a apoparse. Si el coeficiente de bloque fuera igual a 0,7 en aguas iguales su asiento no variaría, mientras que independientemente del coeficiente del bloque si el buque va **apopado o aproado** ya de por si el efecto del asiento dinámico hará disminuir el calado del buque haya donde se decline el asiento.

El efecto del asiento dinámico, así como de las posibles interacciones que puedan tener lugar con otros objetos se ven acentuadas según disminuye la profundidad, siendo incluso **el doble de los calculados** cuando el resguardo

---

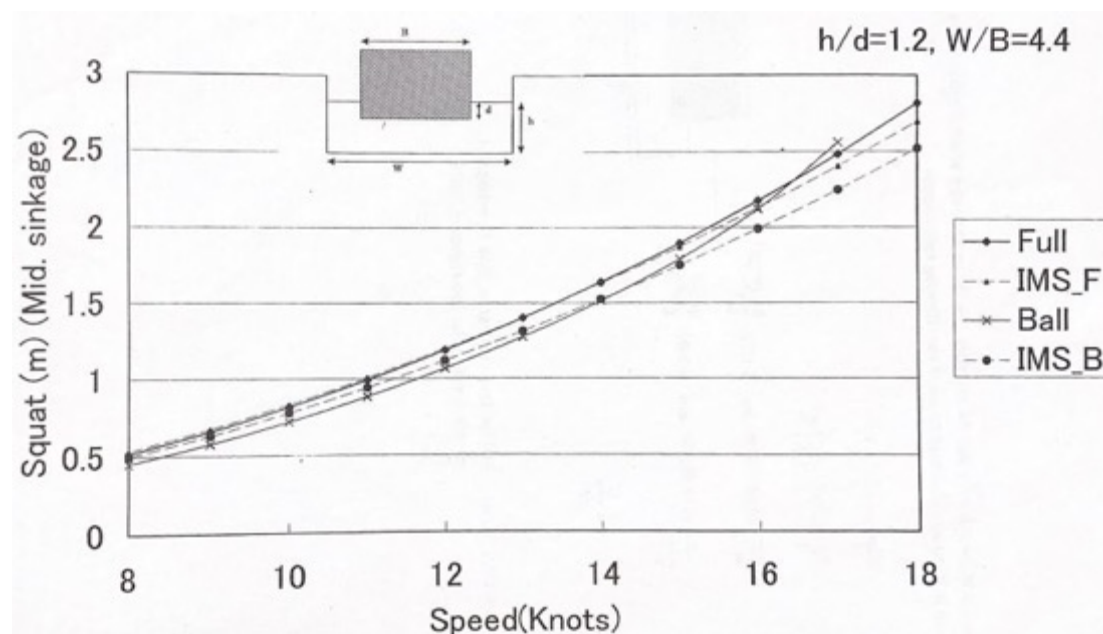
<sup>32</sup> Fuente: EL FENOMENO SQUAT EN AREAS DE PROFUNDIDAD VARIABLE Y LIMITADA Autores: Miguel Ángel Herreros Sierra, Ricardo Zamora Rodríguez y Luis Pérez Rojas.

<sup>33</sup> Fuente: Manual de navegación del B/T Monte Toledo.

<sup>34</sup> Fuente: EL FENOMENO SQUAT EN AREAS DE PROFUNDIDAD VARIABLE Y LIMITADA Autores: Miguel Ángel Herreros Sierra, Ricardo Zamora Rodríguez y Luis Pérez Rojas.

bajo quilla es menor a **1,5 veces el calado estático del buque y 2 veces la manga del buque** en cuanto a otras interacciones.

**Gráfica 2:** Asiento dinámico buque Monte Toledo.<sup>35</sup>



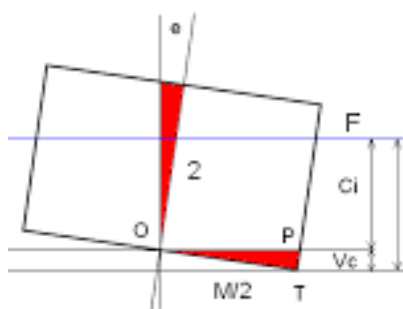
**Fuente:** Biblioteca de a bordo del Monte Toledo.

Esta imagen junto a la numero 10 de este trabajo pueden servir para visualizar mejor el efecto que tiene el asiento dinámico en el buque.

Otro factor bastante relacionado con el Squat es la navegación en canales angostos y **la interacción con otros buques junto a la escora**. Esta puede verse producida por la interacción entre dos buques o relieves de la costa, al producirse un efecto Venturi que atraiga los dos cascos del buque o el casco con la tierra. Para determinar el aumento de calado por este fenómeno podemos utilizar la siguiente formula trigonométrica que viene de la descomposición de dos triángulos rectángulos generados en un buque cubo:

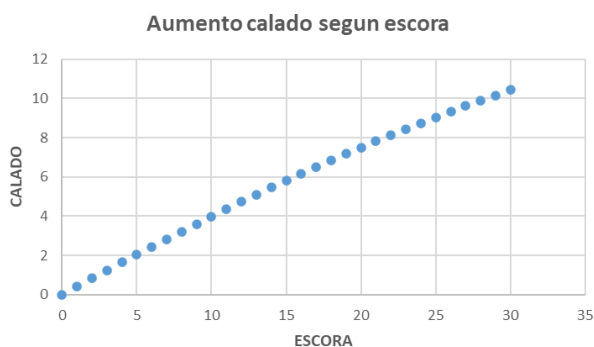
<sup>35</sup> En la imagen 10 podemos ver también una tabla relacionado con la velocidad y el asiento dinámico en aguas someras y profundas en relación h/d (profundidad/calado)

**Imagen 25:** Escora mercante.



**Fuente:** estabilidaddelbuque.com

**Imagen 26:** Grafica escora T = 12 mts.



**Fuente:** Elaboración propia mediante Excel.

De donde obtenemos la siguiente formula:  $\Delta T = (\frac{1}{2} M \text{ Sen } \theta + T \text{ Cos } \theta) - T$ <sup>36</sup>

M: manga de trazado en metros

T: Calado estático del buque en metros

θ: Escora en grados.

Entre buques el mayor efecto que se puede llegar a tener es el de una escora de **3 grados**<sup>37</sup>, es decir, 1,5 metros de aumento en el calado, dato que hay que tener en cuenta al navegar por canales o entradas y salidas de puertos donde puede haber un tráfico concurrido.

Muy relacionado con los calados también tenemos la **inmersión de la hélice y el calado aéreo**, los cuales están inversamente relacionados entre sí, ya que cuanto más sumergida la hélice menor calado aéreo y viceversa. De estos dos factores es de interés en maniobra únicamente respecto a los puntos muertos que varían en función del calado y de nuestra altura sobre el nivel del mar como ya estudiamos y de el paso entre puentes en relación con el calado aéreo, mientras que la inmersión de la hélice supone un problema únicamente en la situación de lastre y se soluciona fácilmente dejando el buque siempre apogado cuando se navega en estas figuras.

<sup>36</sup> Fuente: Navegación II, Moreu Curbera.

<sup>37</sup> Fuente: Manual navegación Monte Toledo.

Si vemos las tablas hidrostáticas de buque podemos hallar una fórmula que nos calcula la inmersión de esta:

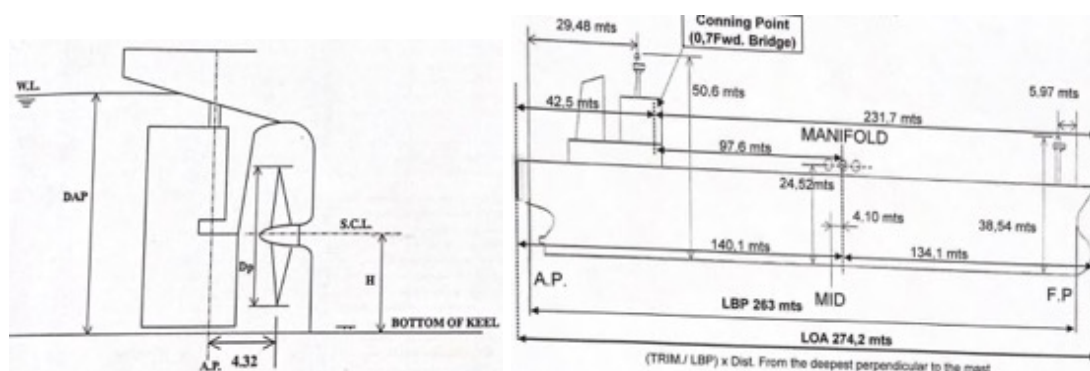
$$\text{Inmersión de la hélice (\%)} = ((cAP - 4,23 * ASIENTO / LPP) - H) * (1 / Dh) * 100 \quad ^{38}$$

**cAP** = calado en popa. (7-16 mts)

**H** = altura del eje de la hélice respecto a la quilla. (4,273 mts)

**Dh** = Diámetro de la hélice. (7,550 mts)

**Imagen 27 & 28:** Inmersión hélice y dimensiones buque.

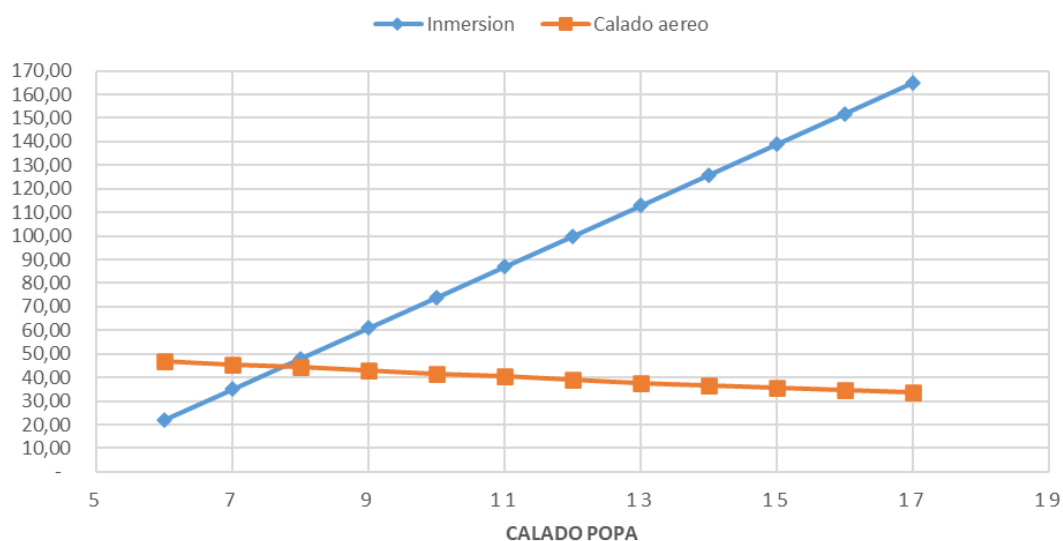


**Fuente:** Tablas hidrostática B/T Monte Toledo.

Con esta fórmula y sabiendo que la distancia de la quilla a lomas alto del árbol de señales es de 50,6 metros podemos desarrollar la siguiente grafica en función del calado a popa del buque para ver la evolución del calado aéreo junto a la inmersión de la hélice.

<sup>38</sup> Fuente: Tablas hidrostáticas B/T Monte Toledo.

**Grafica 3:** Inmersión hélice y calado aéreo.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Podemos concluir que el **mínimo calado aéreo será de 34 metros en carga** mientras que el **máximo de 45 en lastre**. En cuanto a la inmersión de la hélice se ve claramente de por debajo de 8 metros en popa esta estará sobre la línea de flotación, ya que para que esta totalmente debajo del agua debe tener una **inmersión mínima del 50%**, lo cual se empieza a cumplir a partir de los **8 metros de calado en popa**, y siendo de un **165% a máxima carga**, garantizando un muy bien funcionamiento de esta cargados mientras que en lastre (9 metros) la tenemos a un 61%, es decir, poco más de un metro sumergida, por lo que el efecto lateral de la hélice puede ser bastante notorio en comparación con la condición de carga y el trabajo de esta adelante y atrás se reducirá notablemente.

## 2.2. PLAN DE MANIOBRA DEL BUQUE

Es muy importante estar familiarizado y conocer de antemano la maniobra de cubierta de nuestro buque para poder establecer con antelación como vamos a manejar las diferentes líneas y puntos de amarre del buque para hacer este firme bien sea a un remolcado, otro buque o una instalación portuaria. A través de este punto se estudiarán los diferentes elementos de cubierta con el fin de facilitar la planificación y seguridad en las maniobras.

En todos los buques podemos dividir la jarcia de maniobra en 4 ramas generales:<sup>39</sup>

### **Elementos / jarcia de unión.**

-Guindalezas (naturales o sintéticas)

-Cables.

-Cabos guía.

### **Elementos / jarcias guía.**

-Rolines.

-Monaguillos.

-San Lorenzos.

-Gateras.

### **Elementos / jarcia para hacer firme.**

-Bitas.

-Bozas.

-Grapas de sujeción.

### **Elementos de tracción.**

-Maquinillas o chigres.

-Cabrestantes y Molinetes.

Nuestro buque posee los subrayados, de los cuales hablaremos a continuación.

---

<sup>39</sup> Tratado de Maniobra de Enrique Barbudo 7ª Edición.

### 2.2.1. Jarcia unión

La jarcia de unión también conocida como jarcia de amarre es aquella dentro de la jarcia de labor del buque que sirve para hacer firme el buque con tierra o bien otros buques.

A bordo de nuestro buque encontramos principalmente Calabrotes, Cables, Mensajeros y sisgas o cabos guías. En total 33 elementos de amarre.

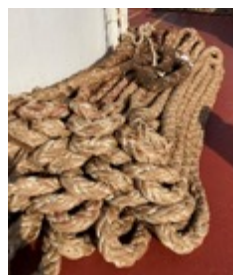
#### Calabrotes sintéticos de nailon (Mooring ropes):

Cantidad: 4

Longitud: 220 metros

Mena: 100 milímetros.

Carga de rotura: 133 toneladas.



**Imagen 29, Fuente:** Autor.

#### Estacha de nailon (Mooring ropes):

Cantidad: 4

Longitud: 220 metros.

Mena: 60 milímetros.

Carga de rotura: 74 toneladas.



**Imagen 30, Fuente:** NauticExpo.

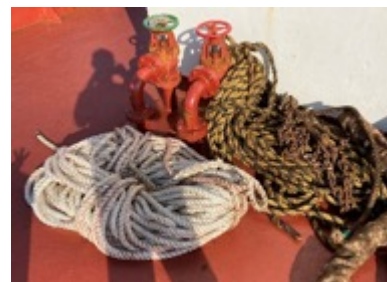
#### Mensajero de nailon (Messengers):

Cantidad: 4

Longitud: 150 metros

Mena: 80 milímetros

Carga de rotura: 12 toneladas.



**Imagen 31, Fuente:** Autor



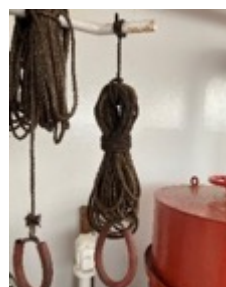
Sisgas con aro sintéticas de nailon (heaving line):

Cantidad: 6

Longitud: 50 metros

Mena: 50 milímetros.

Carga de rotura: 1 toneladas.



**Imagen 32, Fuente:** Autor

Cables trenzados clase 6 x WS36 + IWRC (Mooring Steel wires):

Cantidad: 16

Longitud: 275 metros

Mena: 33,5 milímetros

Peso por metro: 4,5 kilogramos por metros.

Carga de rotura: 76 toneladas.



**Imagen 33, Fuente:** lk-steel.com

Gazas de cable (Mooring steel wire tails):

Cantidad: 16

Longitud: 11 metros.

Mena: 75 milímetros.

Peso por metro: 23,2 kilogramos por metros.

Carga de rotura: 104 toneladas.



**Imagen 34,**  
**Fuente:** exportersindia.com

### 2.2.2. Jarcias guía

Encontramos tres, Monaguillos, Gateras y Panamás, en total 57.

Monaguillos:

Cantidad: 3, dos en proa y uno en popa.

Carga de trabajo segura (SWL<sup>40</sup>): 77 toneladas.



**Imagen 35, Fuente:** Autor.

Gateras y Panamás (Chocks and Panamas)

Cantidad total: 52

450x600, SWL: 350 toneladas → 2 (cadenas SPM<sup>41</sup> proa y popa).

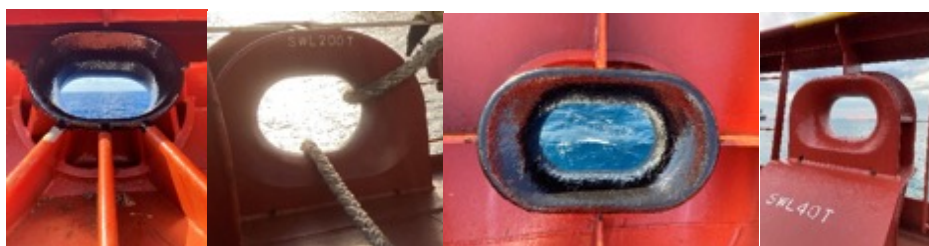
450x260, SWL: 77 toneladas → 36 (proa, traversees, springs y proa STS).

450x260, SWL: 200 toneladas → 2 (aletas popa).

STS 500x400, SWL: 77 toneladas → 2 (a proa del manifold).

Manifold 400x260, SWL: 40 toneladas → 10 (manifold).

**Imagen 36, 37, 38 & 39:** Panamás pr y pp de 350 y 200 y Gateras de 77 y 40 toneladas.



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

Rollines:

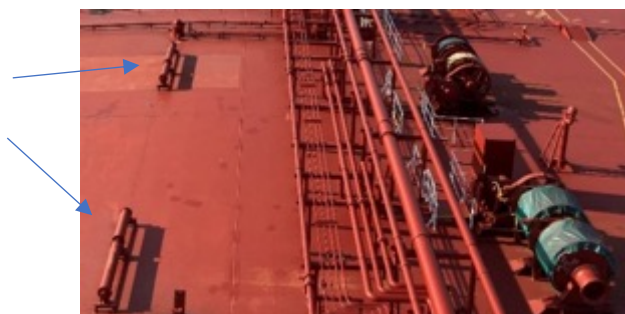
No son exactamente unos rollines, no obstante, su función es parecida ya que su trabajo es evitar que los cables y estachas rocen con la cubierta.

Únicamente encontramos en la parte de estribor de las maquinillas ya que estas están situadas a babor de la línea de crujía, por lo que hay un total de 3 en las maquinillas 3, 4, y 5 que están divididos en dos a su vez.

<sup>40</sup> Siglas en la lengua anglosajona de Safety Working Load.

<sup>41</sup> Siglas en ingles de *Single Point Mooring* referido a las monoboyas.

**Imagen 40:** Rollines de las maquinillas 3 y 4 en proa.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

#### 2.2.4. Jarcia de labor

Los principales elementos para hacer firme los elementos de unión al buque son las bitas en este buque y las bozas que se emplean, aunque también tenemos los estopores de la maniobra de la monoboya y los cáncamos junto a las bitas del manifold.

Cabe destacar que los elementos de amarre del manifold y de la cadena de monoboya sirven para hacer firme las boyas y mangueras que se conecta al buque y no para hacer firme este a ningún otro buque o terminal, no obstante, se añaden en esta parte del trabajo al ser elementos de importancia e interés a bordo en relación con la maniobra en términos generales.

##### Bitas (Vertical Bollards):

Cantidad total: 20

710mm, SWL: 77/154 toneladas → 12 (largos, traveses y springs).

500mm, SWL: 46/92 toneladas → 4 (popa/proa manifold).

STS 550mm, SWL: 56/112 toneladas → 2 (a popa del manifold).

**Imagen 41 & 42:** Bitas de 710 y STS 550mm.<sup>42</sup>



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

### Bozas:

A bordo contamos con dos tipos de bozas, las de cabo que se usan cuando nosotros damos las amarras y las de cabo con cadena y clavo que utilizamos cuando nos dan a nosotros las amarras.

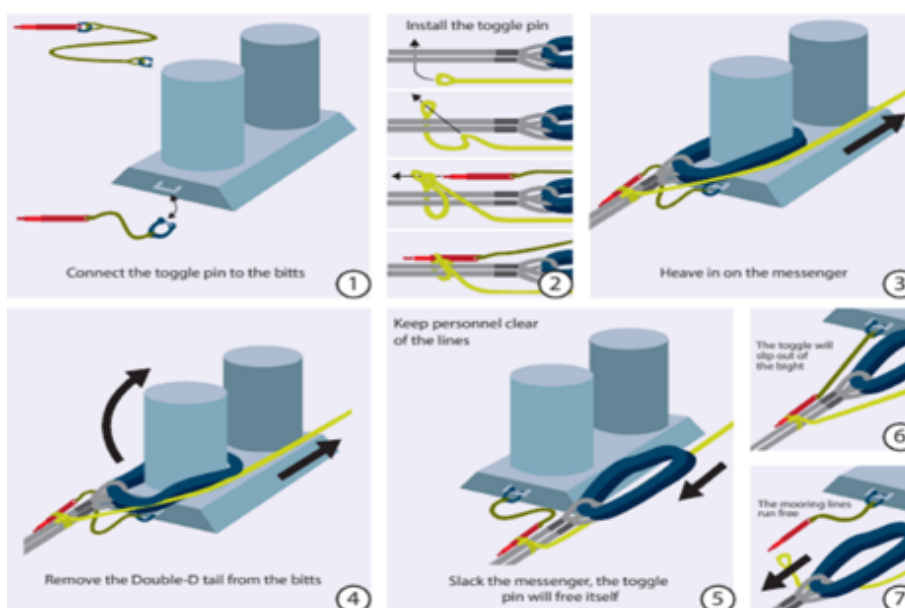
**Imagen 43 & 44:** Bozas de cabos y bozas a bordo.



**Fuente:** OCIMF, Effective mooring y trabajo de campo del Autor.

<sup>42</sup> En la imagen 43 se pueden ver las bitas de 500mm junto al manifold,

**Imagen 45:** Bozas cadena cabo clavo.



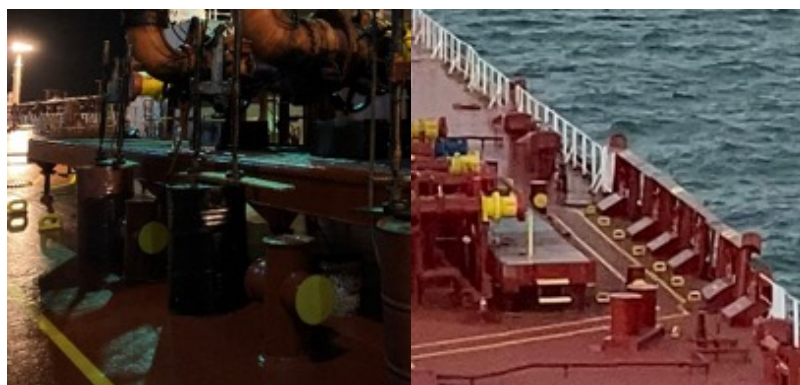
**Fuente:** Learning Engagment Tool.

Elementos en el manifold:

Bitas (cross bar): 300mm, SWL: 25 toneladas → 8

Cáncamos: SWL: 25 toneladas → 26

**Imagen 46 & 47:** Distribución maniobra manifold, cáncamos y bitas.

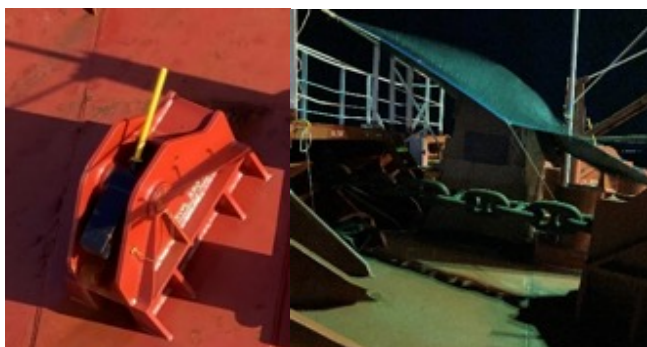


**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

Estopor cadena 76mm y 8 m monoboya:

Tipo cizalla, SWL: 200 toneladas → 2 en proa a ambas bandas.

**Imagen 48 & 49:** Estopor cadena monoboya.



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

### 2.2.5. Elementos de tracción

En nuestro petrolero encontramos maquinillas hidráulicas como elementos principales para las estachas, amarras y cables; y cabrestantes neumáticos como elementos secundarios para virar alguna guía, pero ya prácticamente no se usan al emplear más los cabirones de los chigres.

Chigres o maquinillas hidráulicas. (Hydraulic mooring winches):

Cantidad total: 8 maquinillas con doble carretel. (Largos, traveses y springs).

**Imagen 50 & 51:** Maquinilla número 6 del buque.<sup>43</sup>



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

<sup>43</sup> Luchadero es el termino empleado por los marineros hondureños a bordo.



Virado (heave): 12 metros/minuto a 7 toneladas de carga.

Largado (slack): 45 metros/minuto sin tensión.

Resistencia: La resistencia de una maquinilla o chigre viene determinada por el freno de este, como este freno se puede regular y deteriorar hay que realizar una prueba anual a bordo para determinar su peso de frenado máximo (MBL<sup>44</sup>) y así poder trabajar con ellas de manera segura.

**Tabla 7:** Máximas fuerzas de frenado (MBL) de los chigres.

| PORCENTAJE | PAR APRIETE (NXm) | MPA SALTA FRENO | FUERZA FRENO (kN Y T) |
|------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| 40 %       | 25 Nxm            | 17 Mpa          | 250 kN / 25,5 T       |
| 60 %       | 45 Nxm            | 28 Mpa          | 450 kN / 45,9 T       |
| 80 %       | 65 Nxm            | 36 Mpa          | 600 kN / 61,2 T       |
| 100%       | N/A               | N/A             | 750 kN / 76,5 T       |

**Fuente:** Elaboración propia del Autor.

Todo esto viene reflejado con unos rótulos en las maquinillas de manera que todo aquel que las opere sea consciente de estas cargas de trabajo que tienen.

#### Cabrestantes neumáticos. (Pneumatic winches):

Cantidad: 2 (proa y popa del manifold).

**Imagen 52:** Cabrestante neumático de popa en desuso.



**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

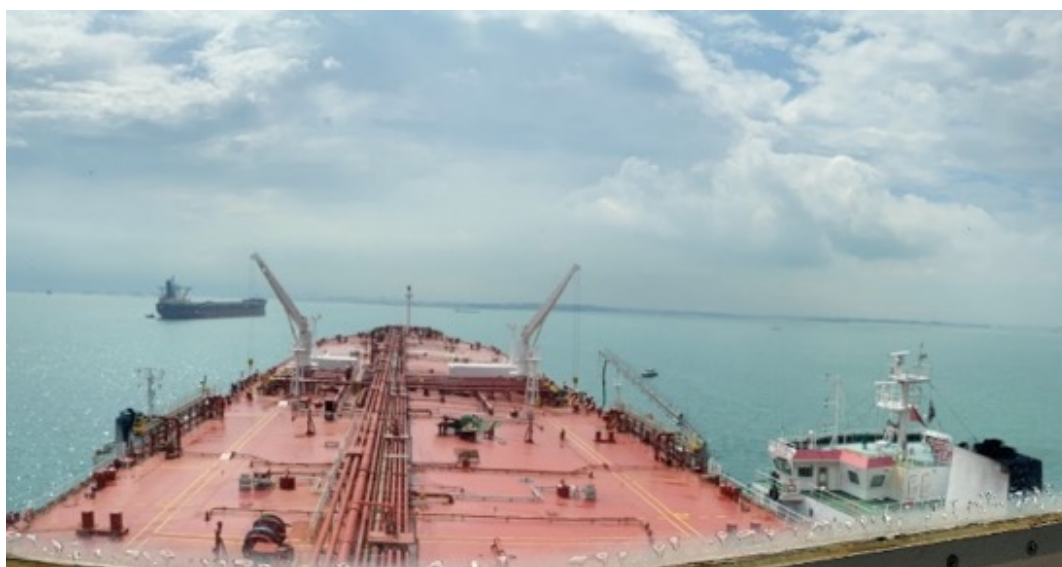
<sup>44</sup> Siglas en ingles de Maximum Braking Load.

Grúas hidráulicas (hydraulic cranes) del manifold:

Aunque en si no se trata de un elemento de maniobra, sí que se usa mucho en estas, ya que con ellas manejamos todas las mangueras, canastas y de más elementos externos del buque que se embarcan.

Son grúas de unos 6 metros de altura en reposo y 14 con el brazo totalmente alzado, siendo de largo 15 metros. Su máxima carga de trabajo es de 15 toneladas cada una. Esta carga es con el brazo totalmente abierto a 90 grados, teniendo un ángulo de apertura inferior de 10 grados y superior de 45 respecto a la posición de 90.

**Imagen 53:** Grúas trabajando en una operación de combustible de F.O y D.O<sup>45</sup>.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

### 2.2.6. Elementos de fondeo

Como la gran mayoría de buques de gran porte en la actualidad nuestro buque tanque únicamente poseía dos maniobras de anclas <sup>46</sup>en proa, una en estribor y otra en babor.

---

<sup>45</sup> Siglas referentes a combustibles de "Fuel Oil" y "Diesel Oil"

<sup>46</sup> En la imagen 10 podemos encontrar datos de interés en este apartado.



Maniobra fondeo estribor.

Peso ancla: 11,750 toneladas.

Numero de grilletes: 13.

Diámetro cadena: 97milímetros.

Medida de un grillete: 27,5 metros.

Grillete de unión: Tipo Kenter. Hay uno a 10 metros del ancla (K1), otro a 27,5 metros del ancla (K3), otro a 55 metros de K3 (K5) otro a 55 metros de este (K7)... Solo marcados los impares.

Velocidad de virado y lascado: 9 metros por minuto, 1 grilletes cada 3:06 minutos.

Máxima carga de virado: 45 toneladas.

MBL: 206,7 al 40%, 310 al 60%, 413,3 al 80% y 517 T al máximo de frenado.

Maniobra fondeo babor.

Ancla: De patente, 11,750 toneladas.

Numero de grilletes: 14.

Diámetro cadena: 97milímetros.

Medida de un grillete: 27,5 metros.

Grillete de unión: Tipo Kenter. Hay uno a 10 metros del ancla (K2), otro a 27,5 metros del ancla (K4), otro a 27,5 metros de K4 (K6) otro a 55 metros de este (K8), otro a 55 metros de este (K10)... Solo marcados los pares.

Velocidad de virado y lascado: 9 metros por minuto, 1 grilletes cada 3:06 minutos.

Máxima carga de virado: 45 toneladas.

MBL: 206,7 al 40%, 310 al 60%, 413,3 al 80% y 517 T al máximo de frenado.

**Imagen 54, 55 & 56: Maniobra fondeo.**



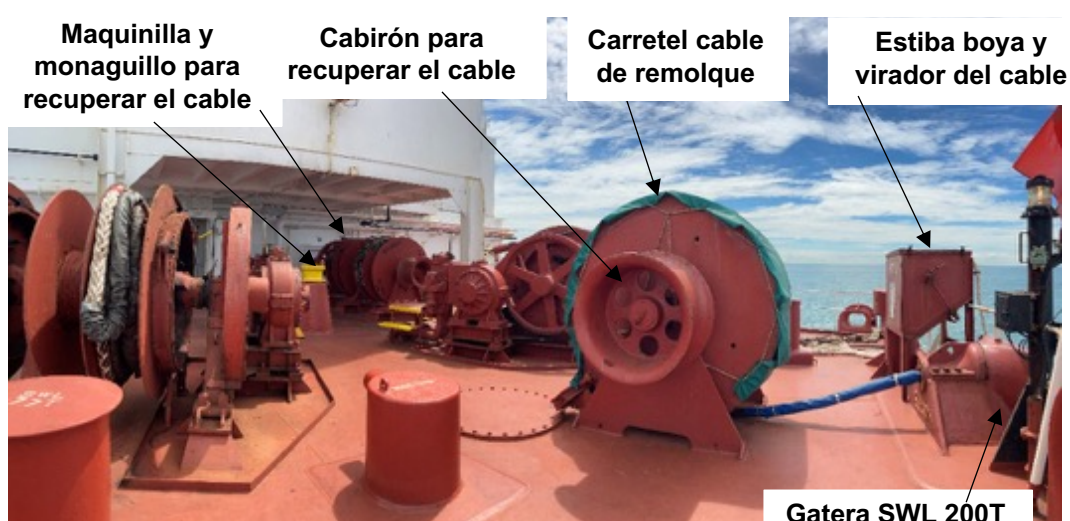
**Fuente:** Trabajo de campo del Autor.

## 2.3. MANIOBRA DEL REMOLQUE DE EMERGENCIA

Podemos encontrar a bordo dos maniobras de remolque de emergencia, una situada en popa y otra en proa. Son dos elementos en los que a bordo los oficiales deben estar muy familiarizados con su uso ya que en caso de emergencia es el medio más fácil por el que se puede remolcar y poner el buque a salvo.

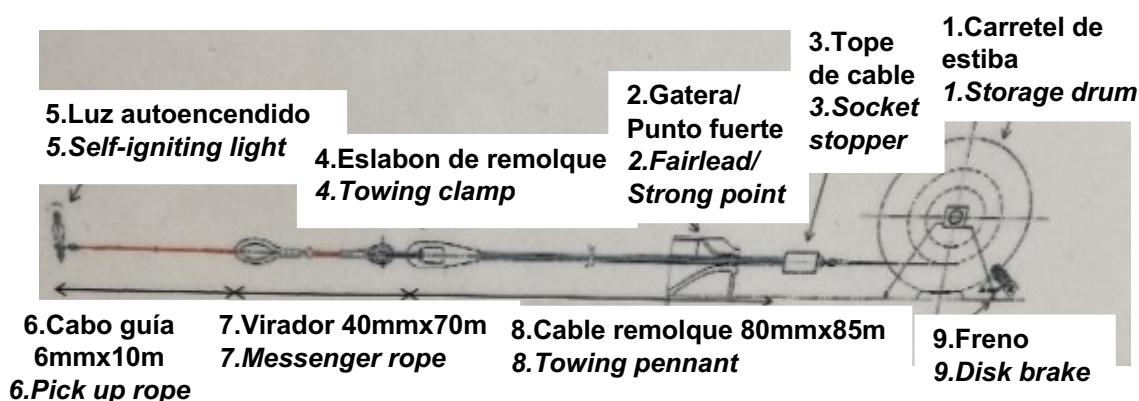
### Maniobra de popa:

**Imagen 57:** ETA<sup>47</sup> cable 80 metros largo y 80mm mena de popa.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

**Imagen 58:** Distribución remolque emergencia popa.



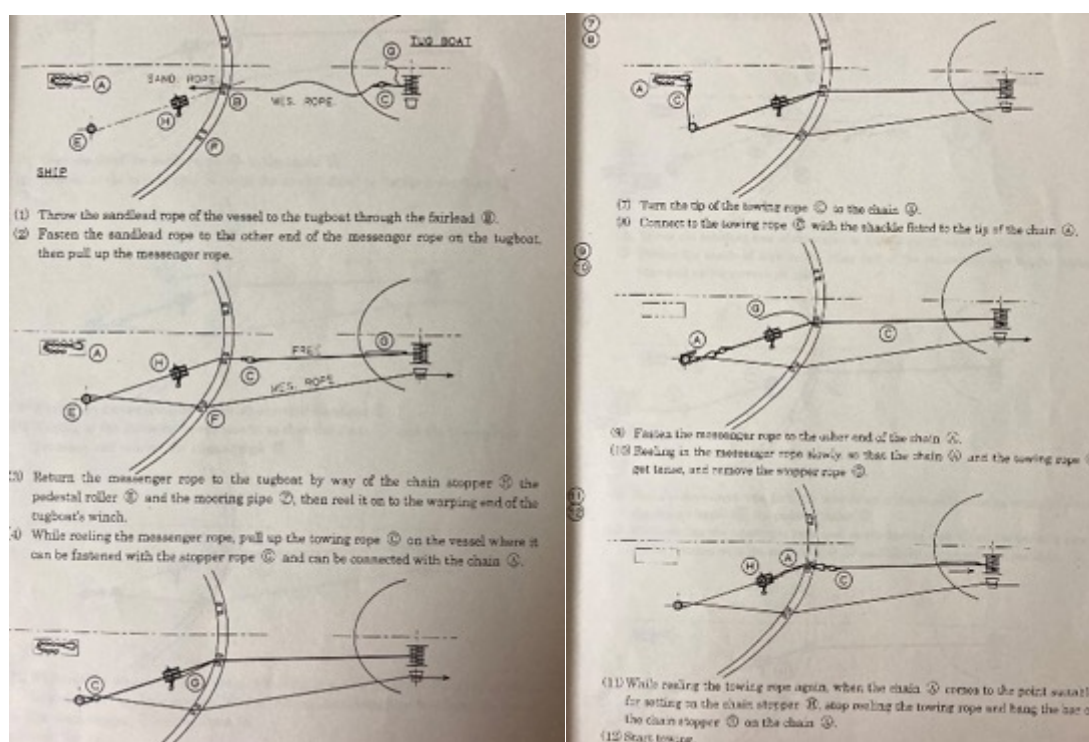
**Fuente:** Manual de navegación del monte Toledo.

<sup>47</sup> Siglas en ingles de Emergency Towing Arrangement.

### Maniobra de proa:

En proa no poseemos un dispositivo tan sencillo como en popa, si no que este se basa en que un remolcador nos tiene que dar su cable. Como veremos ahora tenemos dos maneras de hacer la maniobra, con energía a bordo usando nuestra maquinilla de proa o sin energía a bordo usando la del remolcador.

**Imagen 59 & 60:** Remolque emergencia proa sin energía a bordo.

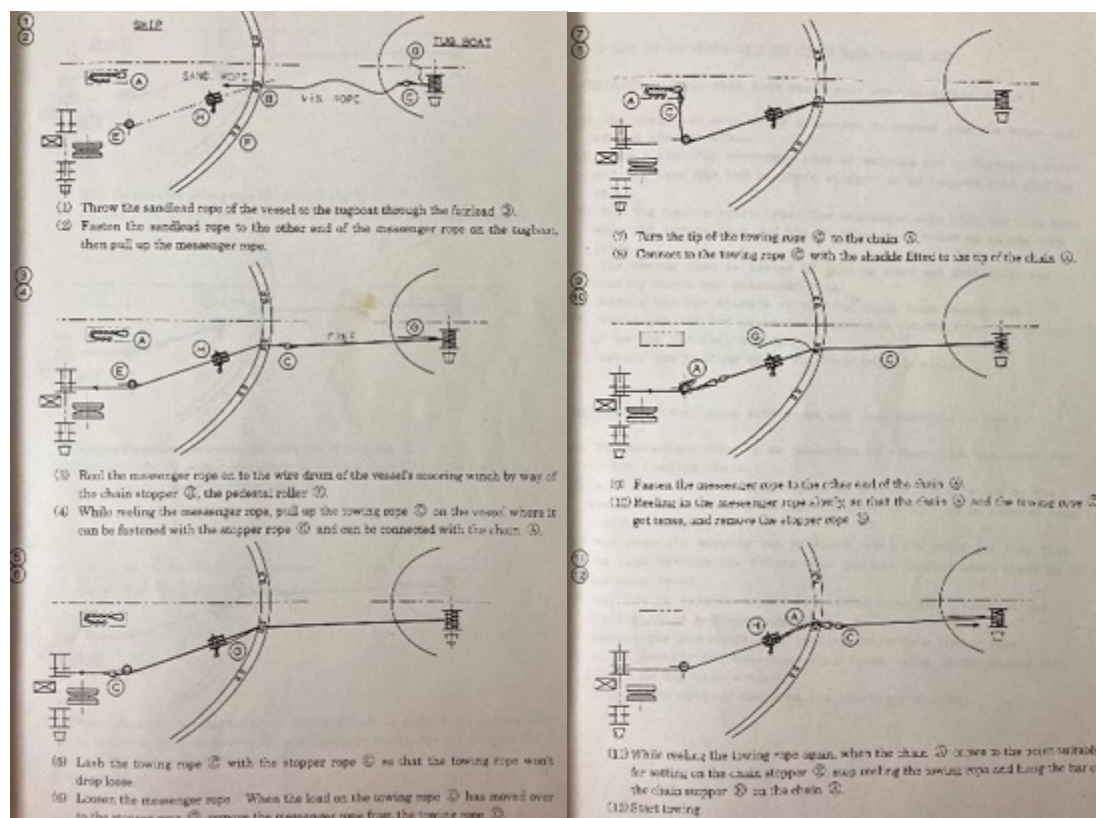


**Fuente:** Manual de remolque del B/T Monte Toledo.

Como observamos en las imágenes, lanzaríamos un cabo guía al remolcador a través de la gatera para luego cobrar a pulso su cabo guía, lo pasaríamos por dentro del estopor del SPM y le daríamos la vuelta en sentido horario por el monaguillo para devolvérselo por la otra gatera al remolcador creando un circuito cerrado de cable donde el remolcador viraría este hasta tener en cubierta pasando el estopor el cable con el grillete. Llegados a este punto abozaríamos el cable del remolcador en la parte de proa del estopor y haríamos firme la cadena que tenemos a bordo en proa a el cable por la parte del eslabón más grande, y por la otra haríamos firme la guía del remolcador.

Después el remolcador templaría la cadena, quitaríamos la boza y el remolcador iría largando hasta que la cadena quedara bien puesta en el estopor, cerrando este y ya podrían remolcarnos desde proa.

**Imagen 61 & 62:** Remolque emergencia proa con energía a bordo.



**Fuente:** Manual de remolque del B/T Monte Toledo.

En cuanto al sistema de proa con energía a bordo podemos ver que es mucho más sencillo, al cobrar con nuestra propia maquinilla. El sistema viene a ser el mismo, pero con nosotros manejando la jarcia desde a bordo, de manera que es mucho más seguro y sencillo.

**Nota importante:** En el anexo II de este trabajo podemos encontrar un plano de toda la distribución de los elementos de maniobra y el remolque de emergencia.



## 2.4. INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN Y MANIOBRA.

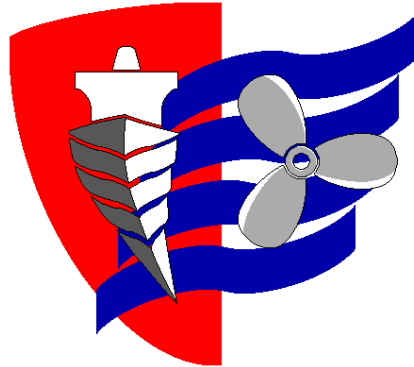
Los principales elementos que se usan a bordo para determinar y realizar las maniobras son: Radar (ARPA), Carta electrónica (SIVCE), Timón, Telégrafo de maniobra, Panel control Maquina-Puente, Repetidor del Tacómetro, R. Presión aire, R. Giroscópica, R. Corredera Doppler, R. Ecosonda, R. Ángulo pala timón, R. Velocidad de caída, R. Anemómetro y elementos externos de referencia, así como siluetas de la estela del buque.

**Imagen 63, 64 & 65:** Aparatos navegación.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**3. DESARROLLO**

### 3.1. ROM

Las Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre son una obra de la entidad de Puertos del Estado perteneciente al Ministerio de fomento del Gobierno de España de especial utilidad para realizar diferentes estudios portuarios. El ROM 3.1-99 “Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación” es de especial interés para analizar el efecto de factores externos en los buques, es por ello por lo que hemos escogido este para realizar con sus fórmulas y teoremas un estudio completo del efecto de tanto vientos como corrientes en nuestro buque estudio. Anteriormente ya hemos utilizado el apartado 6 del ROM 3.1-99 ‘*navegación y maniobras de buques*’ para el estudio de las curvas de evolución a través de su apartado 6.2. Ahora volveremos a la parte 6 del ROM 3.1-99 para utilizar la parte 4, en concreto la sección 4.1. ‘*acción y efectos del viento*’, y parte 4 4.2. ‘*acción y efectos de la corriente*’.

Todos los cálculos se realizarán a través de Excel, no obstante, los más importantes de las series se reflejarán aquí detalladamente.

Los datos principales que emplearemos además de los conceptos ya vistos para los cálculos son los siguientes:

**Tabla 8:** Datos utilizados para los cálculos.

| DATOS:    | Eslora (m)= 274,2 |             | Eslora pp (m)= 263 |                  |                  |                   |
|-----------|-------------------|-------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
|           | Manga (m)= 48     |             | H. puente (m)= 14  |                  |                  |                   |
|           | Puntal (m)= 22,4  |             | L. puente (m)= 28  |                  |                  |                   |
|           |                   |             |                    |                  |                  |                   |
| CONDICION | Calado proa       | Calado popa | Calado medio       | Francobordo proa | Francobordo popa | Francobordo medio |
| 1         | 1                 | 6           | 3,5                | 21,4             | 16,4             | 18,9              |
| 2         | 3                 | 7           | 5                  | 19,4             | 15,4             | 17,4              |
| 3         | 4                 | 8           | 6                  | 18,4             | 14,4             | 16,4              |
| 4 LASTRE  | 6                 | 9           | 7,5                | 16,4             | 13,4             | 14,9              |
| 5         | 8                 | 10          | 9                  | 14,4             | 12,4             | 13,4              |
| 6         | 9                 | 11          | 10                 | 13,4             | 11,4             | 12,4              |
| 7         | 11                | 12          | 11,5               | 11,4             | 10,4             | 10,9              |
| 8         | 13                | 13          | 13                 | 9,4              | 9,4              | 9,4               |
| 9         | 14                | 14          | 14                 | 8,4              | 8,4              | 8,4               |
| 10        | 15                | 15          | 15                 | 7,4              | 7,4              | 7,4               |
| 11 CARGA  | 16                | 16          | 16                 | 6,4              | 6,4              | 6,4               |
| 12        | 17                | 17          | 17                 | 5,4              | 5,4              | 5,4               |

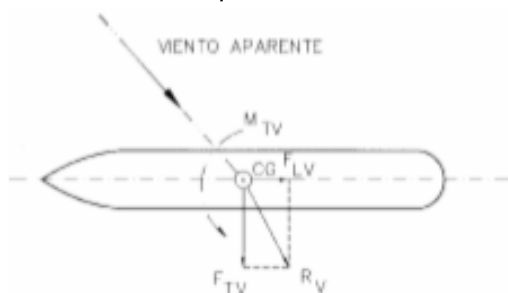
**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.



También se han utilizado datos expuestos durante el trabajo como los de la imagen 22 y la tabla 6.

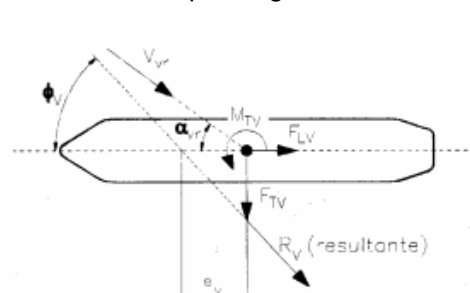
### 3.1.1. Calculo efectos viento en el buque

**Imagen 66:** Acción del viento sobre un buque.



**Fuente:** ROM 3.1-99 parte 4.1

**Imagen 67:** Acción del viento sobre un buque, ángulos.



**Fuente:** ROM 3.1-99 parte 4.1

A partir de las imágenes anteriores y de las fórmulas de la tabla 4.1 del ROM 3.1-99 realizaremos el estudio del efecto del viento en nuestro buque.

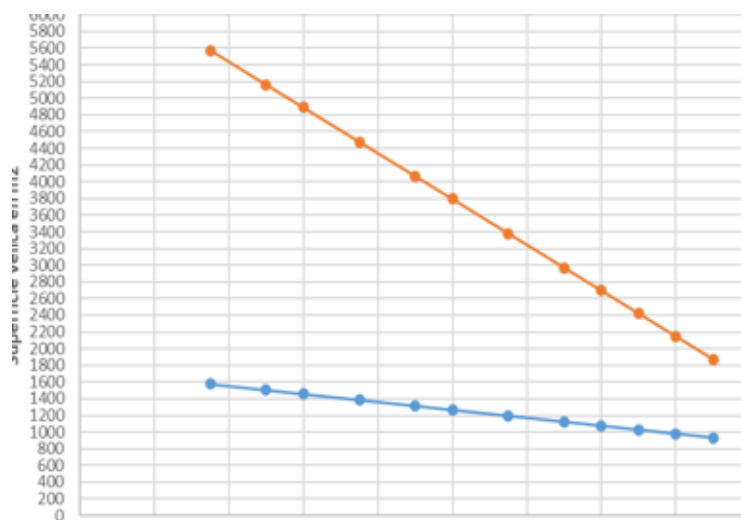
Calculo superficie incidencia viento (naranja la longitudinal y azul transversal):

$$\text{Área transversal carga: } AC_{TV} = M \cdot (F + AP) = 48 \cdot (6,4 + 14) = 979,2 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Área longitudinal carga: } AC_{LV} &= (L_{Pp-P} \cdot F) + (L_{P-P'} \cdot (F + AP)) + (L_{P'-Pr} \cdot F) \\ &= (14,5 \cdot 6,4) + (28 \cdot (6,4 + 14)) + (231,7 \cdot 6,4) = 2146,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Área transversal lastre: } AL_{TV} = (M \cdot (F + AP)) = 48 \cdot (13,4 + 14) = 1315,2 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Area longitudinal lastre: } AL_{LV} &= (L_{Pp-P} \cdot F) + (L_{P-P'} \cdot (F + AP)) + (L_{P'-Pr} \cdot F) = \\ &= (14,5 \cdot 13,4) + (28 \cdot (13,4 + 14)) + (115,85 \cdot 15) + (115,85 \cdot 16) = 4552,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Gráfica: 4:** Variación de la superficie velica según el calado del buque.

Fuente: Elaboración propia a través de Excel.

#### Angulo resultante al ángulo de incidencia del viento:

De la imagen 67 se obtiene la fórmula siguiente, extraídas ambas del ROM 3.1-99. Utilizaremos esta fórmula para haya el ángulo resultante del viento en nuestro buque según el ángulo de incidencia del viento.

$$\operatorname{tg} \phi_r = \frac{A_{LV}}{A_{TV}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_r$$

Los ángulos que emplearemos serán a modo de marcación 0 en proa y hasta 180 refiriéndose a la popa.

#### Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{2146,9 \text{ m}^2}{979,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 0^\circ = 0 \rightarrow \Phi = 0^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{2146,9 \text{ m}^2}{979,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 45^\circ = 3,228 \rightarrow \Phi = 72,786^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{2146,9 \text{ m}^2}{979,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 90^\circ = 52 \times 10^{15} \rightarrow \Phi = 90^\circ$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{2146,9 \text{ m}^2}{979,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 135^\circ = -3,228 \rightarrow \Phi = 107,214^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{2146,9 \text{ m}^2}{979,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 180^\circ = 0 \rightarrow \Phi = 180^\circ$$

Lastre:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{4552,9 \text{ m}^2}{1315,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 0^\circ = 0 \rightarrow \Phi = 0^\circ$$

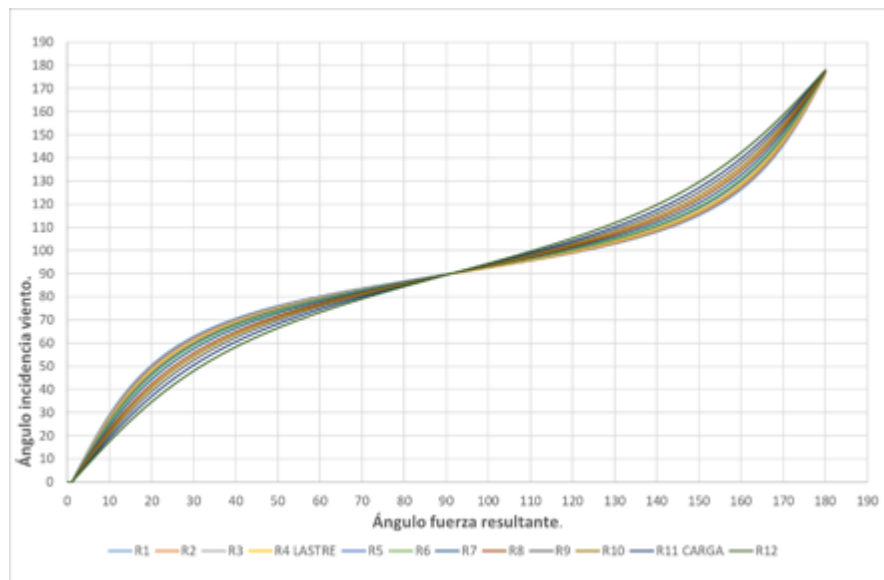
$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{4552,9 \text{ m}^2}{1315,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 45^\circ = 2,192 \rightarrow \Phi = 65,482^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{4552,9 \text{ m}^2}{1315,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 90^\circ = 36 \times 10^{15} \rightarrow \Phi = 90^\circ$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{4552,9 \text{ m}^2}{1315,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 135^\circ = -2,192 \rightarrow \Phi = 114,518^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \tan \Phi = \frac{4552,9 \text{ m}^2}{1315,2 \text{ m}^2} \cdot \tan 180^\circ = 0 \rightarrow \Phi = 180^\circ$$

**Grafica 5:** Ángulo resultante en diferentes formas del buque.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

De esta gráfica podemos concluir que el ángulo resultante para un ángulo de viento en el buque será más cercano a 90 según la condición de carga de este sea mayor, viento por ejemplo que para un ángulo de viento de 40 grados respecto a la proa tendríamos un ángulo resultante respecto a la proa de 15 grados en lastre y 25 en carga y para un ángulo de 130 de viento tendríamos un ángulo resultante de 168 en lastre y 150 en carga.

Resultante originada por el viento:

Del ROM 3.1-99 a partir de la imagen 67 extraemos la formula siguiente:

$$R_V = \frac{\rho}{2g} \cdot C_{VF} \cdot V_{vr}^2 (A_{TV} \cdot \cos^2 \alpha_{vr} + A_{LV} \cdot \sin^2 \alpha_{vr})$$

Datos:

Cvf = Factor (adimensional). Puede variar entre 1,0 y 1,3. A falta de una determinación más precisa mediante estudios en modelo, se adoptará el valor 1,3 para cualquier forma dl buque y dirección de actuación del viento. (1,3)

p = Peso específico aire =  $1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3$

g = gravedad en el mar =  $9,81 \text{ m/s}^2$

Vvr = velocidad viento relativo en metros/segundo, **8m/s** para calculo.

ATV = área de incidencia trasversal buque.

ATL = área de incidencia longitudinal buque.

$\alpha$  = ángulo incidencia viento (entre 0 y 180).

Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (979,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 0^\circ + 2146,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 0^\circ) = 5,211 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (979,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 45^\circ + 2146,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 45^\circ) = 8,318 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (979,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 90^\circ + 2146,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 90^\circ) = 11,426 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (979,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 135^\circ + 2146,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 135^\circ) = 8,318 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (979,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 180^\circ + 2146,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 180^\circ) = 5,211 \text{ t}$$

Lastre:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (1315,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 0^\circ + 4552,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 0^\circ) = 7,383 \text{ t}$$

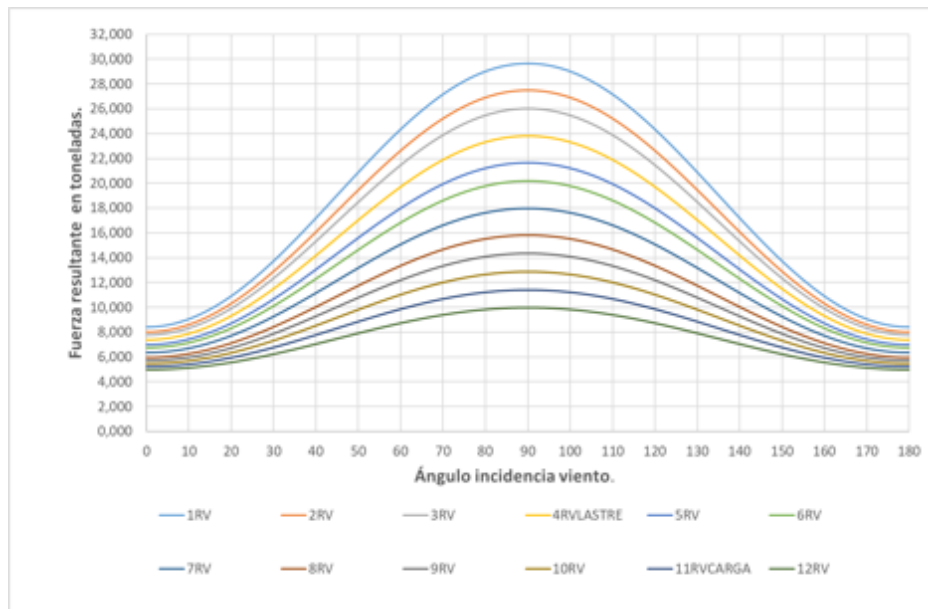
$$\alpha = 45^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (1315,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 45^\circ + 4552,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 45^\circ) = 15,606 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (1315,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 90^\circ + 4552,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 90^\circ) = 23,829 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (1315,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 135^\circ + 4552,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 135^\circ) = 15,606 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow R_V = \frac{1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1,3 \cdot 8 \text{ m/s} \cdot (1315,2 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 180^\circ + 4552,9 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 180^\circ) = 7,383 \text{ t}$$

**Grafica 6:** Resultante del viento según el ángulo de incidencia.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Fuerza trasversal y longitudinal:

$$F_{TV} = R_V \cdot \sin \Phi_v \quad F_{TL} = R_V \cdot \cos \Phi_v$$

Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi = 0^\circ \rightarrow F_{TV} = 5,211 \text{ T} \cdot \text{sen } 0^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi = 72,786^\circ \rightarrow F_{TV} = 8,318 \text{ T} \cdot \text{sen } 72,786^\circ = 7,568 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi = 90^\circ \rightarrow F_{TV} = 11,426 \text{ T} \cdot \text{sen } 90^\circ = 11,426 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi = 107,214^\circ \rightarrow F_{TV} = 8,318 \text{ T} \cdot \text{sen } 107,214^\circ = 7,568 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi = 180^\circ \rightarrow F_{TV} = 5,211 \text{ T} \cdot \text{sen } 180^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi = 0^\circ \rightarrow F_{LV} = 5,211 \text{ T} \cdot \text{cos } 0^\circ = 5,211 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi = 72,786^\circ \rightarrow F_{LV} = 8,318 \text{ T} \cdot \text{cos } 72,786^\circ = 3,452 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi = 90^\circ \rightarrow F_{LV} = 11,426 \text{ T} \cdot \text{cos } 90^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi = 107,214^\circ \rightarrow F_{LV} = 8,318 \text{ T} \cdot \text{cos } 107,214^\circ = 3,452 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi = 180^\circ \rightarrow F_{LV} = 5,211 \text{ T} \cdot \text{cos } 180^\circ = 5,211 \text{ t}$$

Lastre:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi = 0^\circ \rightarrow F_{TV} = 7,383 \text{ T} \cdot \text{sen } 0^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi = 65,482^\circ \rightarrow F_{TV} = 15,606 \text{ T} \cdot \text{sen } 65,482^\circ = 14,907 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi = 90^\circ \rightarrow F_{TV} = 23,829 \text{ T} \cdot \text{sen } 90^\circ = 23,829 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi = 114,518^\circ \rightarrow F_{TV} = 15,606 \text{ T} \cdot \text{sen } 114,518^\circ = 14,907 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi = 180^\circ \rightarrow F_{TV} = 7,383 \text{ T} \cdot \text{sen } 0^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi = 0^\circ \rightarrow F_{LV} = 7,383 \text{ T} \cdot \text{cos } 0^\circ = 7,383 \text{ t}$$

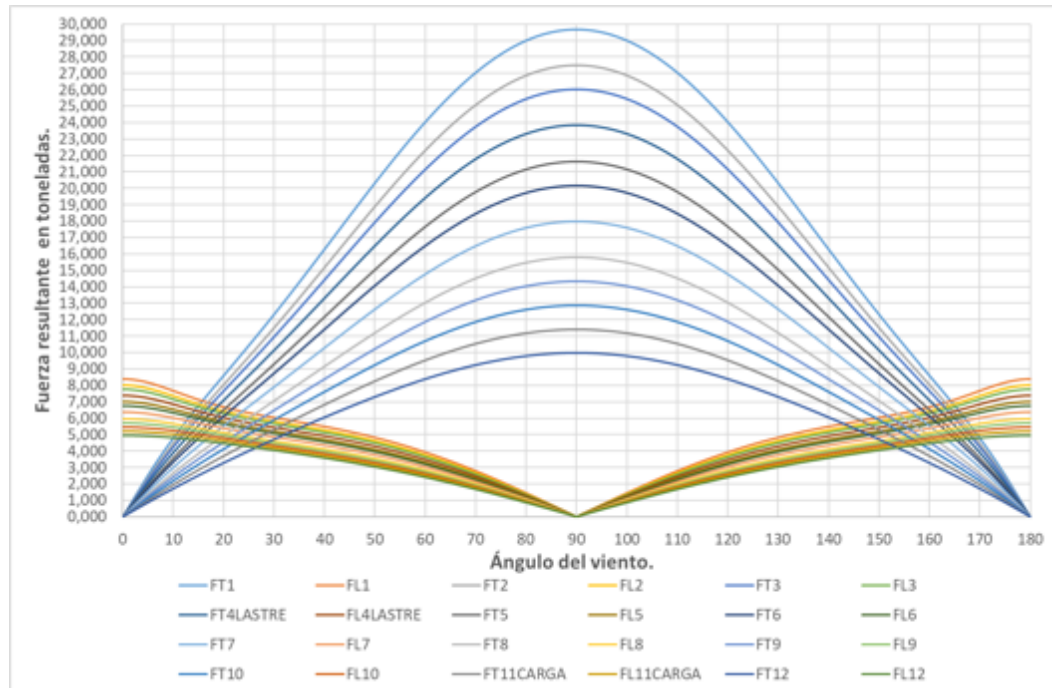
$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi = 72,786^\circ \rightarrow F_{LV} = 15,606 \text{ T} \cdot \text{cos } 72,786^\circ = 4,618 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi = 90^\circ \rightarrow F_{LV} = 23,829 \text{ T} \cdot \text{cos } 90^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi = 107,214^\circ \rightarrow F_{LV} = 15,606 \text{ T} \cdot \text{cos } 107,214^\circ = 4,618 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi = 180^\circ \rightarrow F_{LV} = 7,383 \text{ T} \cdot \text{cos } 180^\circ = 7,383 \text{ t}$$

**Grafica 7:** Fuerza trasversal y longitudinal según ángulo incidencia viento.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

#### Momento trasversal:

Este es el que nos hace arribar u orzar, se considera positivo cuando nos aleja la proa del viento y negativo cuando nos la acerca.

$$M_{tv} = F_{tv} \cdot \rho = F_{tv} \cdot K \cdot l$$

El coeficiente 'ev' está definido gráficamente en la imagen 67. Para estimar este valor hemos usado las tablas que encontramos en el ROM 3.1-99 para extraerlo en la página 131 y modificado con observaciones obtenidas 5 días a la deriva en lastre con vientos de entre 15 y 25 nudos.

#### Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,2 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow M_{tv} = 7,568 \text{ t} \cdot -0,11 \cdot 274,2 \text{ m} = -802,531 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow M_{tv} = 11,426 \text{ t} \cdot -0,16 \cdot 274,2 \text{ m} = -1762,243 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow M_{tv} = 7,568 \text{ t} \cdot -0,32 \cdot 274,2 \text{ m} = -2334,636 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,3 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

Lastre:

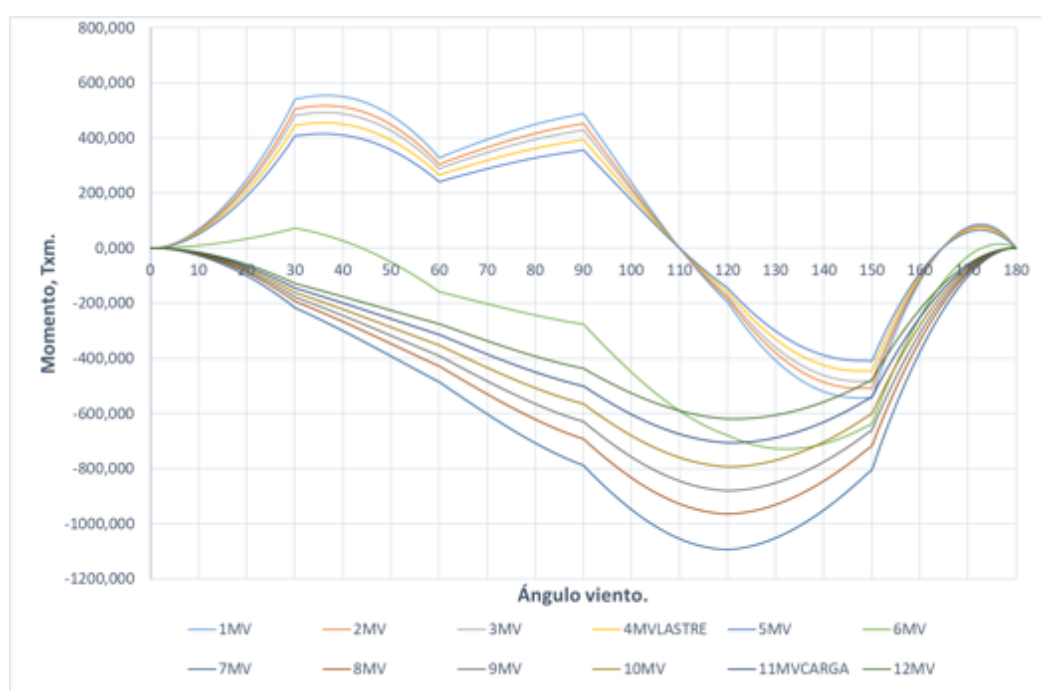
$$\alpha = 0^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,2 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow M_{tv} = 14,907 \text{ t} \cdot 0,11 \cdot 274,2 \text{ m} = 1508,854 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow M_{tv} = 23,829 \text{ t} \cdot 0,06 \cdot 274,2 \text{ m} = 1378,265 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow M_{tv} = 14,907 \text{ t} \cdot -0,10 \cdot 274,2 \text{ m} = -1365,154 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,3 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

**Grafica 8:** Momento evolutivo según ángulo incidencia viento.

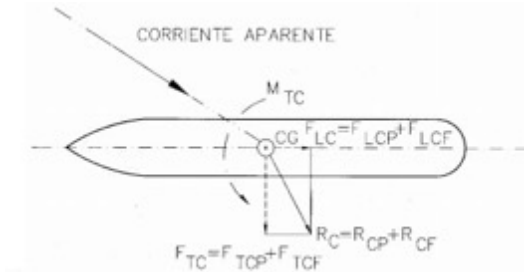
**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Por último, podemos concluir del estudio del viento en el buque que en condiciones de lastre el reposo del buque estará en torno a los 110-120 grados respecto al viento debido que, aunque tenga más superficie velica en popa al tener también más calado la proa tiende masa batir que la popa, no obstante, en carga el buque tendera a orzar casi siempre al tener calados iguales y mucha más superficie velica en popa.

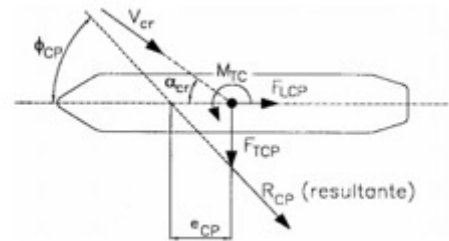


### 3.1.2. Calculo efectos corrientes en el buque

**Imagen 68:** Acción corriente sobre el buque. **Imagen 69:** Acción corriente sobre el buque.



**Fuente:** ROM 3.1-99 parte 4.2



**Fuente:** ROM 3.1-99 parte 4.2

A partir de las imágenes anteriores y de las fórmulas de la tabla 4.2 del ROM 3.1-99 realizaremos el estudio del efecto del viento en nuestro buque.

#### Calculo carena incidencia corriente

$$A_{LC} = L_{PP} \cdot D$$

$$A_{TC} = B \cdot D$$

Carga verano:

Lastre:

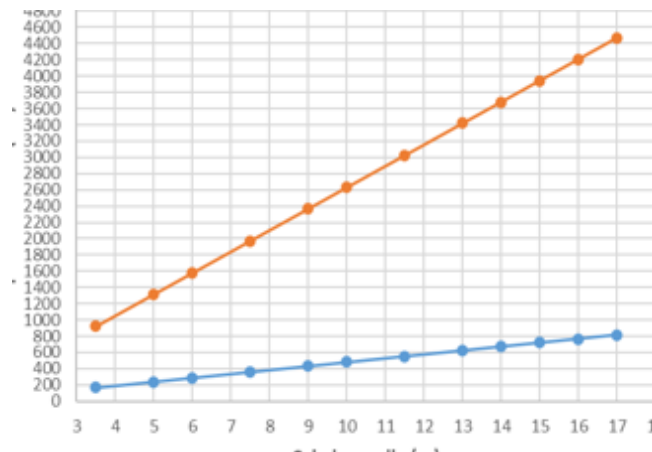
$$A_{LC} = 263 \text{ m} \cdot 16 \text{ m} = 4208 \text{ m}^2$$

$$A_{LC} = 263 \text{ m} \cdot 7,5 \text{ m} = 1972,5 \text{ m}^2$$

$$A_{TC} = 48 \text{ m} \cdot 16 \text{ m} = 768 \text{ m}^2$$

$$A_{TC} = 48 \text{ m} \cdot 7,5 \text{ m} = 360 \text{ m}^2$$

**Gráfica 9:** Variación superficie carena según calado medio.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Angulo resultante al ángulo de incidencia de la corriente:

De la imagen 69 se obtiene la fórmula siguiente, extraídas ambas del ROM 3.1-99. Utilizaremos esta fórmula para haya el ángulo resultante del viento en nuestro buque según el ángulo de incidencia del viento.

$$\operatorname{tg} \phi_{CP} = \frac{A_{LC}}{A_{TC}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{cr}$$

Los ángulos que emplearemos serán a modo de marcación 0 en proa y hasta 180 refiriéndose a la popa.

Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{4208 \, m^2}{768 \, m^2} \cdot \tan 0^\circ = 0 \rightarrow \Phi_{CP} = 0^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{4208 \, m^2}{768 \, m^2} \cdot \tan 45^\circ = 3,228 \rightarrow \Phi_{CP} = 79,657^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{4208 \, m^2}{768 \, m^2} \cdot \tan 90^\circ = 52 \times 10^{15} \rightarrow \Phi_{CP} = 90^\circ$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{4208 \, m^2}{768 \, m^2} \cdot \tan 135^\circ = -3,228 \rightarrow \Phi_{CP} = 100,343^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{4208 \, m^2}{768 \, m^2} \cdot \tan 180^\circ = 0 \rightarrow \Phi_{CP} = 180^\circ$$

Lastre:

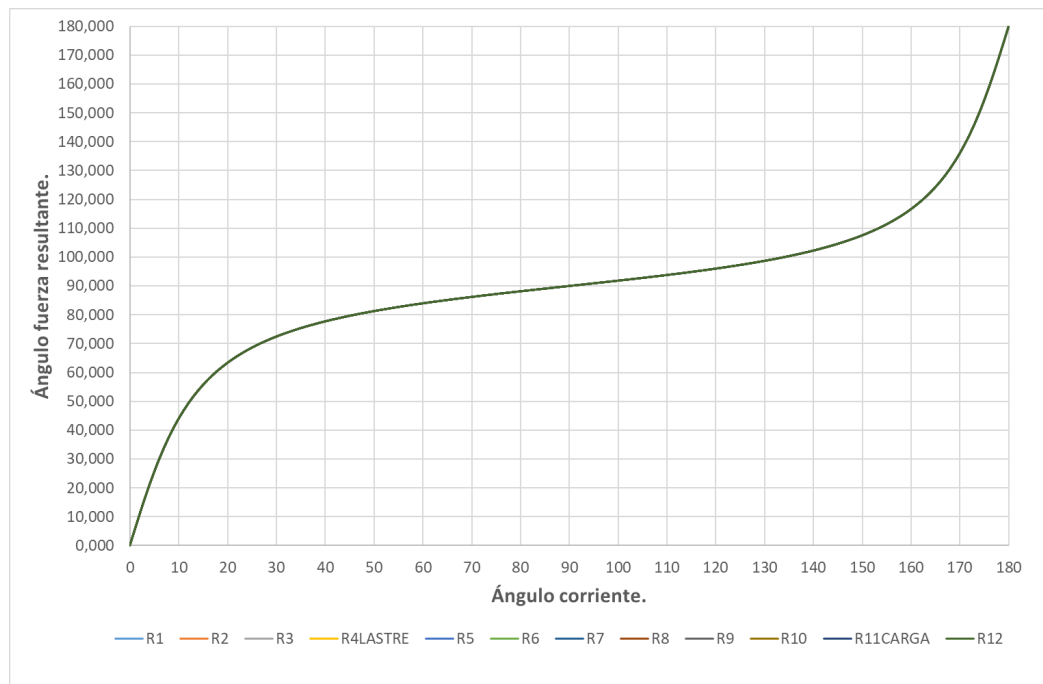
$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{1972,5 \, m^2}{360 \, m^2} \cdot \tan 0^\circ = 0 \rightarrow \Phi_{CP} = 0^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{1972,5 \, m^2}{360 \, m^2} \cdot \tan 45^\circ = 3,228 \rightarrow \Phi_{CP} = 79,657^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{1972,5 \, m^2}{360 \, m^2} \cdot \tan 90^\circ = 52 \times 10^{15} \rightarrow \Phi_{CP} = 90^\circ$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{1972,5 \, m^2}{360 \, m^2} \cdot \tan 135^\circ = -3,228 \rightarrow \Phi_{CP} = 100,343^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \tan \Phi_{CP} = \frac{1972,5 \, m^2}{360 \, m^2} \cdot \tan 180^\circ = 0 \rightarrow \Phi_{CP} = 180^\circ$$

**Gráfica 10:** Variación ángulo resultante según ángulo corriente.

**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

A diferencia que con el viento este es igual para todas las condiciones, esto se debe a que la fórmula empleada para el cálculo de la superficie de carena es la misma en el eje longitudinal y el trasversal, mientras que en la fórmula de la superficie velica variaba al tener la protuberancia del puente que suponía unas dimensiones de 14x28x48 que aquí no tenemos.

Resultante originada por la corriente en el buque:

$$R_{CP} = \frac{\gamma_w}{2g} \cdot V_{cr}^2 \cdot \frac{C_{CL} \cdot A_{TC} \cdot \cos^2 \alpha_{cr} + C_{cr} \cdot A_{LC} \cdot \sin^2 \alpha_{cr}}{\cos(\phi_{an} - \alpha_{cr})}$$

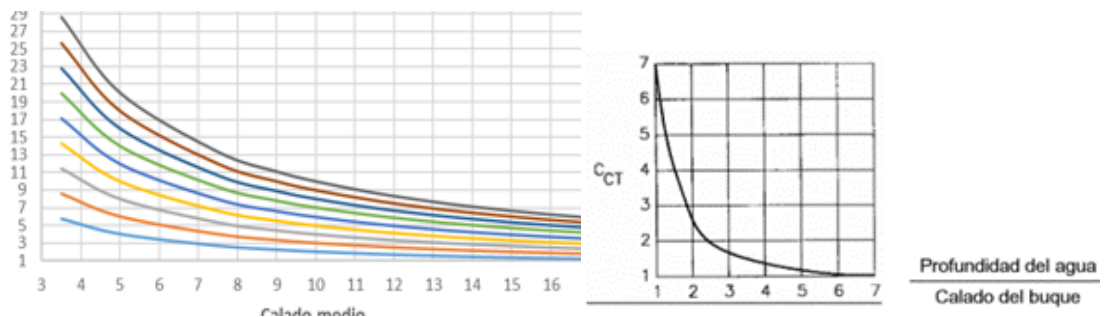
Datos:

$C_{CL}$  = Factor de forma para el cálculo de la resultante de las presiones de la corriente sobre el buque, actuando en la dirección de su eje longitudinal (adimensional). Depende fundamentalmente de la geometría de la proa del buque. Puede variar entre 0,2 y 0,6. A falta de una determinación más precisa se adoptará el valor 0,2 para proa de bulbo y 0,6 para proa convencional.

El buque posee bulbo, no obstante, su proa es bastante homogénea en formas, así que optaremos por un valor más intermedio de  $C_{CL} = 0,4$

$C_{CT}$  = Factor de forma para el cálculo de la resultante de las presiones de la corriente sobre el buque, actuando en la dirección de su eje transversal (adimensional). Depende de la relación Profundidad del agua/calado del buque de proyecto, incrementándose a medida que los valores de dicha relación se aproximan a 1.  $C_{CT}$  puede variar entre 1 para aguas profundas y 7 para someras según lo consignado en la gráfica de la corriente:

**Grafica 11 y 12:** Coeficiente " $C_{CT}$ " en función de la profundidad y calado.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel y ROM 3.1-99 parte 4.2.

Nosotros realizaremos el cálculo, teniendo como profundidad mínima 20 metros y máxima de 40 metros para las maniobras en puerto, como podemos ver en la gráfica para grandes profundidades ( $P/C \geq 7$ ) el coeficiente será prácticamente siempre de 1 mientras que entre 20 y 60 ya hay valores de  $C_{CT}$  que oscilan entre 1 y a 6, sobre todo en la franja del 20 y 40 metro de profundidad.

$Y_w$  = Peso específico agua (salada en este caso) =  $1,03 \text{ t/m}^3$

$g$  = gravedad en el mar =  $9,81 \text{ m/s}^2$

$V_{cr}$  = velocidad corriente relativa =  $0,5 \text{ m/s}$  para este cálculo.

$A_{LC}$  y  $A_{TC}$  calculados anteriormente.

$\alpha$  = ángulo incidencia corriente.

$\Phi_{CP}$  = ángulo resultante de la presión de la corriente en la carena.

Carga verano (P=20, Cct=6):

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 768 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 0^\circ + 6 \cdot 4208 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 0^\circ}{\cos(0-0)} = 4,012 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 768 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 45^\circ + 6 \cdot 4208 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 45^\circ}{\cos(79,657-45)} = 202,88 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 768 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 90^\circ + 6 \cdot 4208 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 90^\circ}{\cos(90-90)} = 329,755 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 768 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 135^\circ + 6 \cdot 4208 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 135^\circ}{\cos(100,343-135)} = 202,88 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 768 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 180^\circ + 6 \cdot 4208 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 180^\circ}{\cos(180-180)} = 4,012 \text{ t}$$

Lastre (P=20, Cct=1,85):

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 360 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 0^\circ + 2 \cdot 1972,5 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 0^\circ}{\cos(0-0)} = 1,881 \text{ t}$$

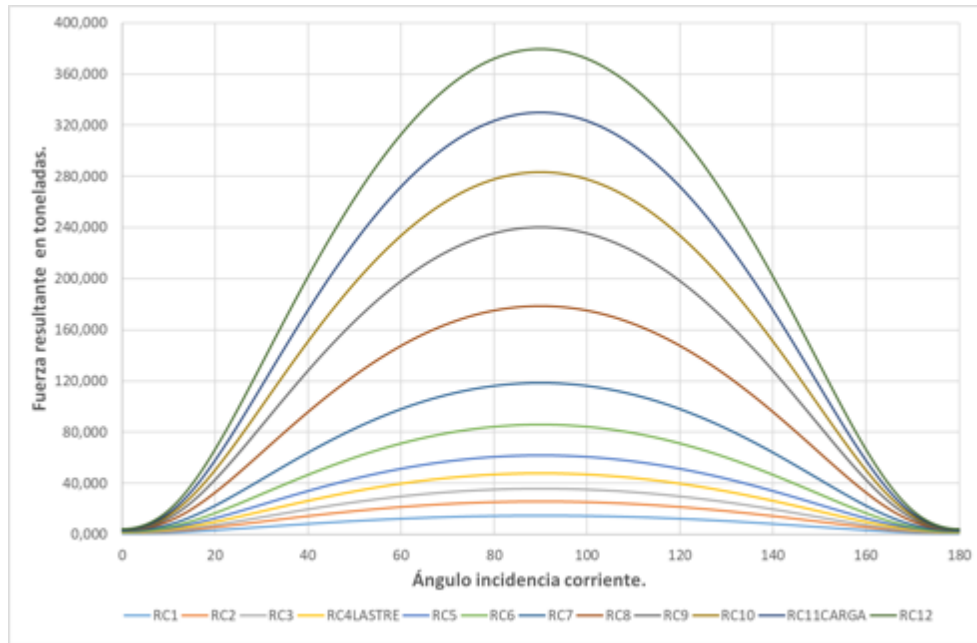
$$\alpha = 45^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 360 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 45^\circ + 2 \cdot 1972,5 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 45^\circ}{\cos(79,657-45)} = 30,113 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 360 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 90^\circ + 2 \cdot 1972,5 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 90^\circ}{\cos(90-90)} = 47,660 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 360 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 135^\circ + 2 \cdot 1972,5 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 135^\circ}{\cos(100,343-135)} = 30,113 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow R_{CP} = \frac{1,03 \text{ t/m}^3}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} 0,5^2 \frac{0,4 \cdot 360 \text{ m}^2 \cdot \cos^2 180^\circ + 2 \cdot 1972,5 \text{ m}^2 \cdot \sin^2 180^\circ}{\cos(180-180)} = 1,881 \text{ t}$$

**Grafica 13:** Resultante de la presión ejercida por la corriente en el buque según  $\alpha$ .



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Fuerza trasversal y longitudinal:

$$F_{TCP} = R_{CP} \cdot \text{sen } \phi_{CP} \quad F_{LCP} = R_{CP} \cdot \text{cos } \phi_{CP}$$

Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 0^\circ \rightarrow F_{TC} = 4,012 \text{ t} \cdot \text{sen } 0^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 79,657^\circ \rightarrow F_{TC} = 202,880 \text{ t} \cdot \text{sen } 79,657^\circ = 199,583 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 90^\circ \rightarrow F_{TC} = 329,755 \text{ t} \cdot \text{sen } 90^\circ = 329,755 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 100,343^\circ \rightarrow F_{TC} = 202,880 \text{ t} \cdot \text{sen } 100,343^\circ = 199,583 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 180^\circ \rightarrow F_{TC} = 4,012 \text{ t} \cdot \text{sen } 180^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 0^\circ \rightarrow F_{LC} = 4,012 \text{ t} \cdot \text{cos } 0^\circ = 4,012 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 79,657^\circ \rightarrow F_{LC} = 202,880 \text{ t} \cdot \text{cos } 79,657^\circ = 36,426 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 90^\circ \rightarrow F_{LC} = 329,755 \text{ t} \cdot \text{cos } 90^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 100,343^\circ \rightarrow F_{LC} = 202,880 \text{ t} \cdot \text{cos } 100,343^\circ = 36,426 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 180^\circ \rightarrow F_{LC} = 4,012 \text{ t} \cdot \text{cos } 180^\circ = 4,012 \text{ t}$$

Lastre:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 0^\circ \rightarrow F_{TC} = 1,881 \text{ t} \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 79,657^\circ \rightarrow F_{TC} = 30,113 \text{ t} \cdot \sin 79,657^\circ = 29,624 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 90^\circ \rightarrow F_{TC} = 47,660 \text{ t} \cdot \sin 90^\circ = 47,660 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 100,343^\circ \rightarrow F_{TC} = 30,113 \text{ t} \cdot \sin 100,343^\circ = 29,624 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 180^\circ \rightarrow F_{TC} = 1,881 \text{ t} \cdot \sin 180^\circ = 0 \text{ t}$$

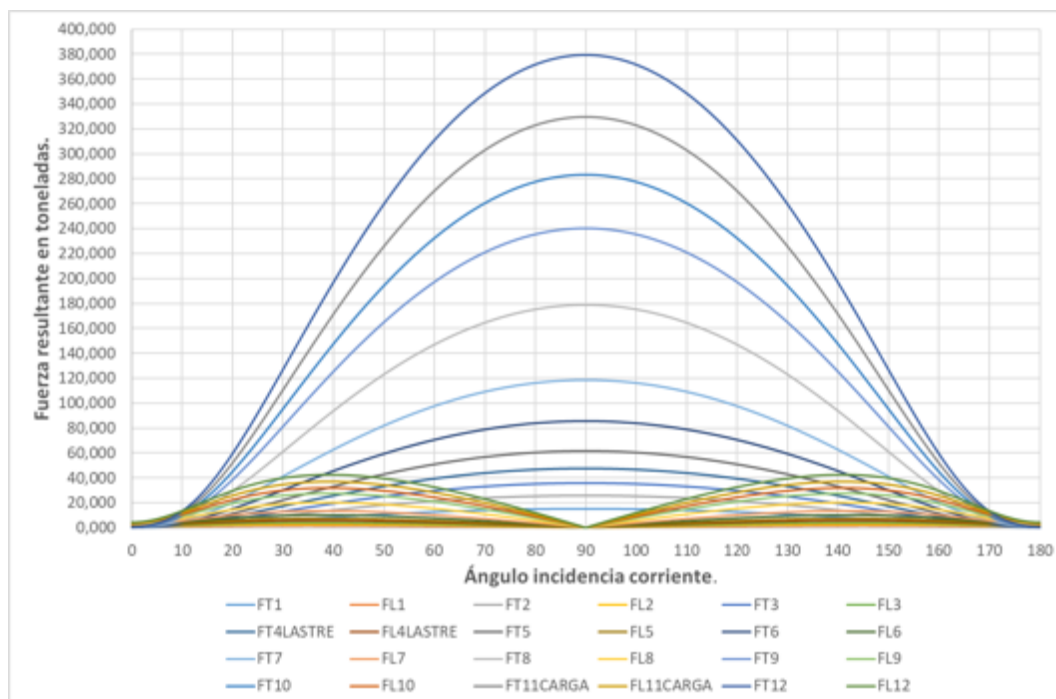
$$\alpha = 0^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 0^\circ \rightarrow F_{LC} = 1,881 \text{ t} \cdot \cos 0^\circ = 1,881 \text{ t}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 79,657^\circ \rightarrow F_{LC} = 30,113 \text{ t} \cdot \cos 79,657^\circ = 5,407 \text{ t}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 90^\circ \rightarrow F_{LC} = 47,660 \text{ t} \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ t}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 100,343^\circ \rightarrow F_{LC} = 30,113 \text{ t} \cdot \cos 100,343^\circ = 5,407 \text{ t}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow \Phi_{CP} = 180^\circ \rightarrow F_{LC} = 1,881 \text{ t} \cdot \cos 180^\circ = 1,881 \text{ t}$$

**Grafica 14:** Fuerza transversal y longitudinal según ángulo de corriente.

**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Momento trasversal:

$$M_{TG} = F_{TCP} \cdot \theta_{en} = F_{TCP} \cdot K_{ec} \cdot L$$

El coeficiente de excentricidad (adimensional) 'e<sub>CP</sub>'. Está definido gráficamente en la imagen 69. Se aproxima a través de la tabla siguiente:

**Tabla 9:** Coeficiente excentricidad buque.

| $\alpha_{cr}$<br>(en °.) | $K_{ec}$ |
|--------------------------|----------|
| 0                        | 0        |
| 30                       | 0,17     |
| 60                       | 0,09     |
| 90                       | 0        |
| 120                      | -0,09    |
| 150                      | -0,17    |
| 180                      | 0        |

**Fuente:** ROM 3.1-99 parte 4.2.

Carga de verano:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,2 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow M_{tv} = 199,583 \text{ t} \cdot 0,13 \cdot 274,2 \text{ m} = 7114,352 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow M_{tv} = 329,755 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,2 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow M_{tv} = 199,583 \text{ t} \cdot -0,13 \cdot 274,2 \text{ m} = -7114,352 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,3 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

Lastre:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,2 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

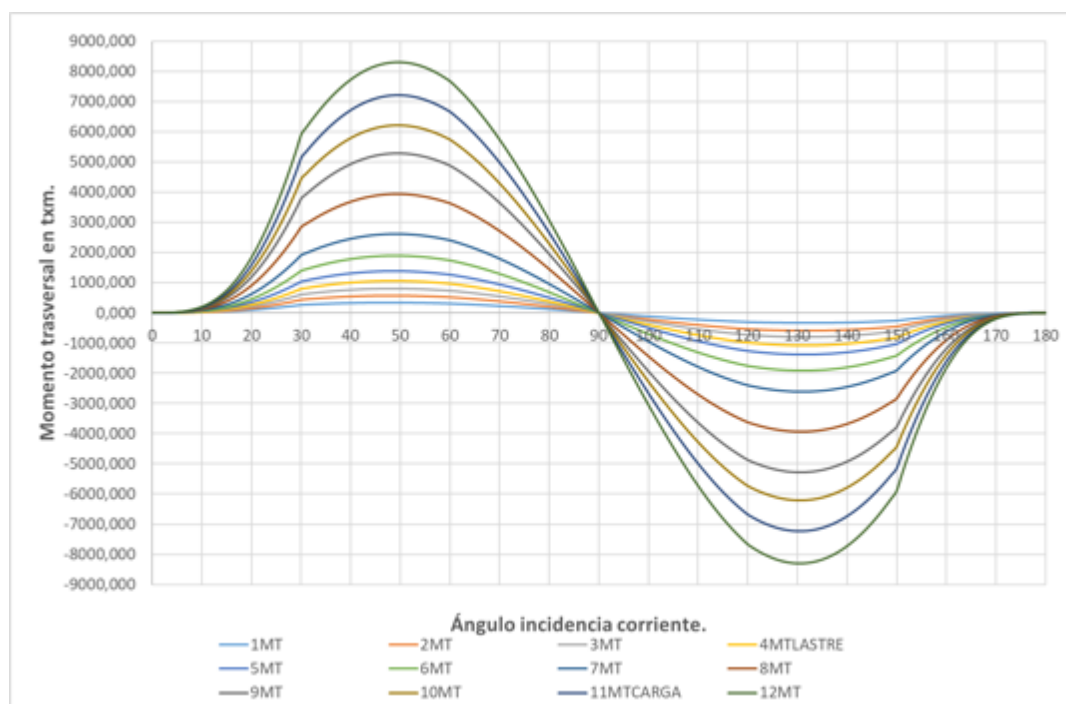
$$\alpha = 45^\circ \rightarrow M_{tv} = 29,624 \text{ t} \cdot 0,13 \cdot 274,2 \text{ m} = 1055,974 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow M_{tv} = 47,660 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,2 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 135^\circ \rightarrow M_{tv} = 29,624 \text{ t} \cdot -0,13 \cdot 274,2 \text{ m} = -1055,974 \text{ t.m}$$

$$\alpha = 180^\circ \rightarrow M_{tv} = 0 \text{ t} \cdot 0 \cdot 274,3 \text{ m} = 0 \text{ t.m}$$



**Grafica 15:** Momento ejercido en el buque por la corriente según ángulo incidencia.

**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Comparando estas gráficas con la del viento podemos ver que la corriente ejerce bastante más fuerza respecto al viento y momentos mayores, no obstante, la fuerza ejercida sobre la carena del buque es mucho más homogénea que la ejercida por el viento al tener en cubierta la super estructura del buque, haciendo que el ángulo de reposos en el viento sea menos obvio a primera vista respecto al de la corriente que es 90 grados, es decir, del través. Hay que mencionar también que en la fórmula de la resultante originada por la corriente está en función de la velocidad de la corriente al cuadrado, por lo que los momentos y fuerzas aumentarían en función de este también.

No obstante, siempre serán mayores que las del viento ya que la densidad del agua es **1,025** y la del aire **0,001255** toneladas por metros cúbicos.

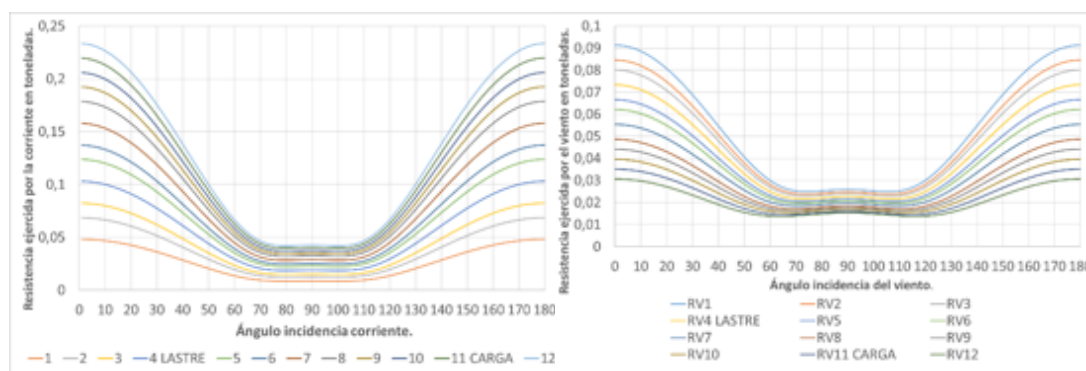
A modo de ejemplo podemos ver como un aumento de velocidad de 8 a 8,5m/s (16 a 17 nudos) en el viento generan un aumento de un **110%** en las fuerzas

ejercidas en este mientras que un aumento en la corriente de 0,5 a 1 m/s (1 a 2 nudos) generan un aumento del **400%** en las fuerzas.

Hay que tener en cuenta que este aumento no es proporcional, ya que un aumento de un viento 0,5 a 1 m/s (1 a 2 nudos) también supone un incremento del 400% en las fuerzas, lo que pasa es que al tener el agua mucha más masa que el aire como hemos visto mientras ese aumento en el 400% supone aumentar 0,098 toneladas de fuerza, en la corriente supone 2,633 toneladas.

También pasaría lo mismo si la corriente alcanzará los 16 o 17 nudos, su porcentaje de aumento sería 110, no obstante, como sabemos la corriente de marea no va a superar nunca los 10 nudos<sup>48</sup> de intensidad horaria, siendo nulas veces las que alcance este valor y en raros lugares, oscilando más comúnmente entre los 0 y los 4 nudos.<sup>49</sup>

**Graficas 16 & 17:** Fuerza ejercida por la fricción de la corriente y el viento en el buque.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Excel.

Por último, podemos ver en estas dos graficas la fricción que origina tanto la corriente como el viento en el buque en las 12 condiciones expuestas siguiendo el calculo tal y como se indica en la tabla 4.3 del ROM 3.1-99,

<sup>48</sup> Fuente: Tablasdemareas.com

<sup>49</sup> Fuente: Tablasdemareas.com

### 3.2. MANIOBRAS

Con todos los conocimientos y demostraciones teórico-prácticas realizadas durante el trabajo ahora nos disponemos a realizar una serie de maniobras típicas en esta clase de buques tanque para poner en uso todo lo desarrollado anteriormente.

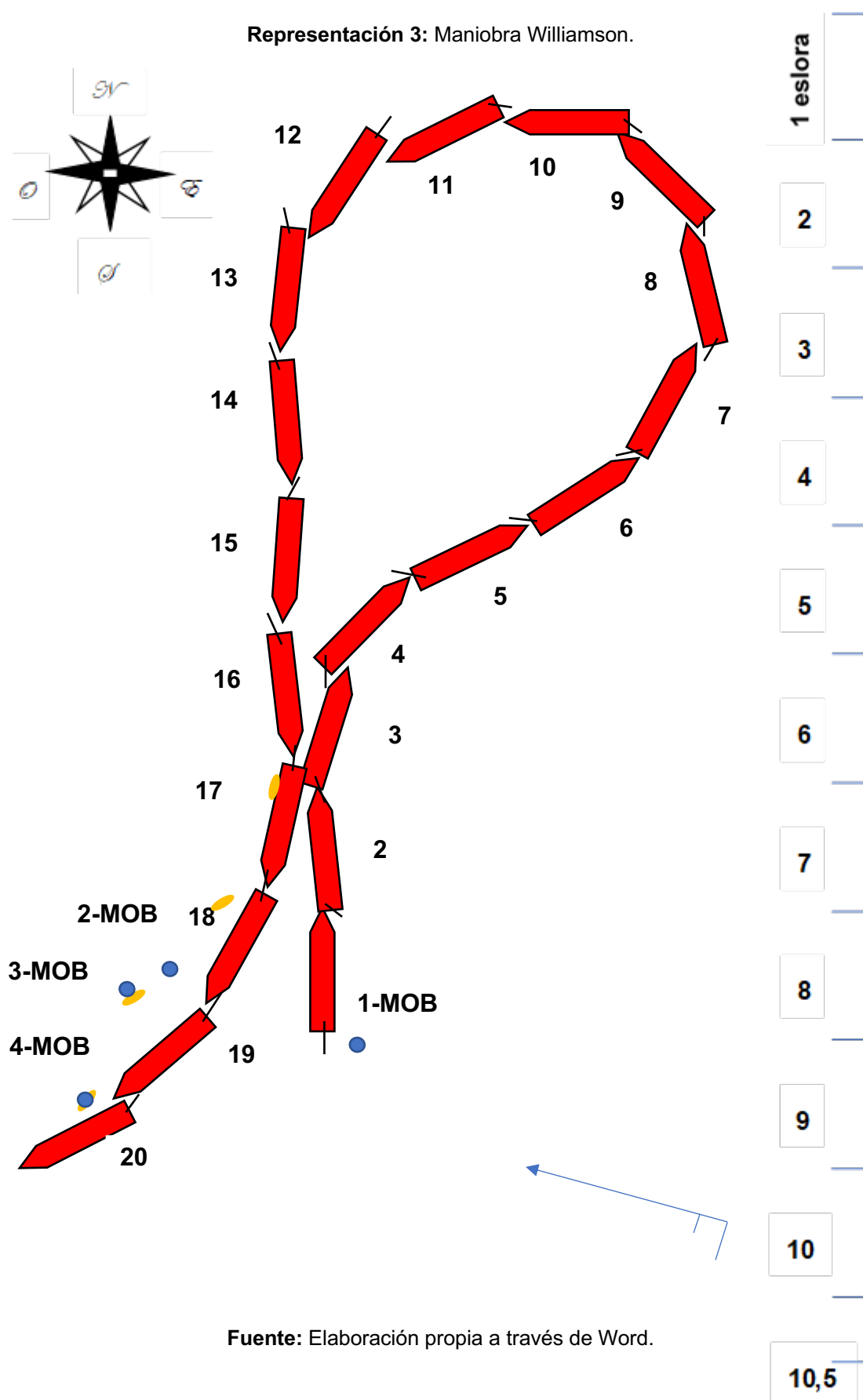
Cada maniobra contara con una sección ilustrativa donde veremos gráficamente esta y otra sección explicativa donde se redactará lo sucedido, aquí pueden aparecer imágenes que ayuden a la comprensión de están con el fin de que sean lo más representativas y claras posibles.

Para cualquier maniobra o recalada, alrededor de unas 5 horas antes de se efectúan las pruebas de máquina reduciendo maquina hasta 8 nudos y probando a dar una palada atrás (en esta palada el barco suele temblar con gran fuerza debido a la cavitación de la hélice), y la prueba de las alarmas del servo, donde los maquinistas hacen que como si fallase un servo y el mecanismo debe hacer que salte la alarma y haga la intención de cambiar de servo. Como hemos visto tenemos dos servos en el barco, el 1 y el 2 (el de emergencias (2), conectado al generador de emergencia) para las maniobras llevaremos los dos en funcionamiento para mejor respuesta del timón.

Una hora antes de llegar recalcar o iniciar la maniobra o bien el tránsito, el Capitán subirá al puente y tomará el mando de la guardia/navegación con el primer oficial, el cual será su conexión con la tripulación de cubierta, siendo muy importante la comunicación puente-cubierta vía VHF. El segundo oficial y los terceros acudirán a sus posiciones en cubierta cuando sea necesario junto al Contramaestre y los marineros. Cuando acudan lo harán 30 minutos antes del inicio de la maniobra aproximadamente para que este todo listo.

Todo lo descrito es genérico y podría variar siguiendo los criterios de la política de la compañía en cuestión y del tipo de maniobra.

### 3.2.1. Maniobra de hombre al agua.



Descripción maniobra hombre al agua:

**1-MOB:** La maniobra comienza navegando en alta mar en condición de carga a una velocidad de 13 nudos en la situación “MOB<sup>50</sup>” donde se cae un tripulante al mar. En el momento que vemos que alguien ha podido caer empezamos la maniobra siguiendo el protocolo de lanzar un aro salvavidas, dar timón a la banda del hombre al agua, dar la alarma (una pitada larga en este buque) y mantener una constante guardia del lugar donde ha caído el individuo. También habría que marcar la posición en la carta del hecho. Se organizaría también el grupo de bote de rescate para dejar preparado este para su arriado.

**2:** En este punto ya hemos lanzado el aro por la banda de estribor y metemos timón todo a esta banda. A continuación, damos la alarma y un hombre encargado de vigilar en todo momento el lugar de caída del tripulante al mar.

**3, 4 & 5:** Seguimos timón todo a estribor hasta tener un rumbo 60 grados más amplio que el que llevábamos al caerse el tripulante, en este punto ponemos todo el timón a la banda contraria, en este momento estaríamos a 7-8 cables del MOB, 3' y tendríamos una velocidad de 7 nudos.

**6, 7, 8, 9, 10,11 & 12:** El barco empezaría en primer lugar a dejar de caer a estribor y después de 2 esloras empezaría a gobernar a babor. Seguiríamos cayendo a esta banda hasta que a partir del punto 10 (a 1,1 millas del MOB, 4,5 nudos y 8,5 minutos desde el inicio de la maniobra) empezaríamos a ir poniendo proa al MOB y en el 12, a unos 20 grados del opuesto al de la caída del MOB pondríamos timón a la vía hasta llegar al rumbo opuesto. Llegados a este punto habrían pasado 13 minutos, estaríamos a 0,88 cables del MOB con una velocidad de 4 nudos.

---

<sup>50</sup> Siglas en ingles de Man Over Board.

**13 & 14:** En este punto 13 y 14 habrá que ir rectificando con el timón para mantener el rumbo opuesto a la inicial, ya que la inercia del buque puede hacer que al dejar el timón a la vía en la posición 12 no sea suficiente para dejarlo a rumbo. Y bajaríamos máquina de toda máquina a muy poca avance, como vamos en este punto a una velocidad de 4-4,5 nudos debido a la maniobra el buque no perdería maniobrabilidad al ser su velocidad de poca avance cargados teóricamente de 4,9 nudos. En este punto llevaríamos 17 minutos de maniobra y tendríamos al MOB a 6 cabes de nuestra proa, teniendo en cuenta que al inicio hemos lanzado el aro salvavidas del alerón y que este tiene señal fumígena de unos 15 minutos (a partir del punto 13 desaparecería) llegados aquí dejaremos de tener la ayuda de la señal fumígena y el vigía deberá quedar atento de la zona que se encontraba la señal y este estaba vigilando.

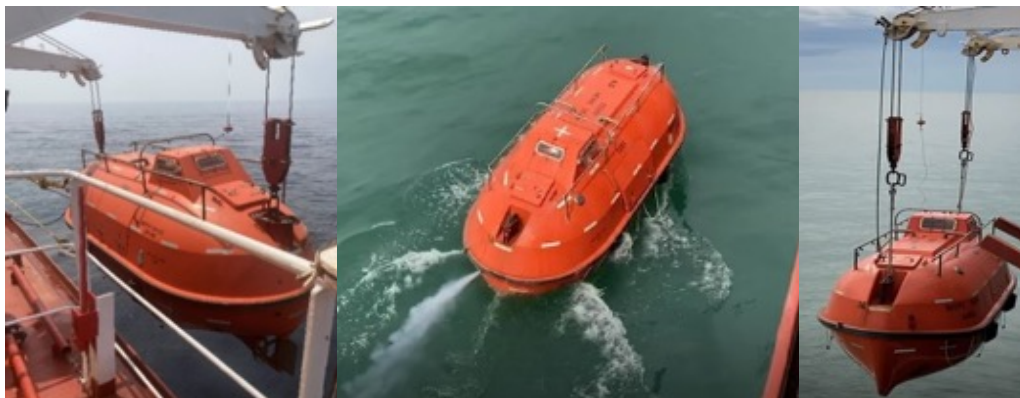
**15, 16 & 17:** Durante este tramo navegaríamos durante unos 6 minutos a 4,5 nudos, primero nos abriríamos un poco a babor para luego caer a estribor para en el punto 17 dejar la banda de estribor a sotavento y así arriar el bote de rescate mientras navegamos a muy poca avance.

**18:** Una vez arriado el bote iríamos dando atrás poca para ir parando (muy poca/poca atrás) el buque al mismo tiempo que el bote de rescate salva al MOB, la velocidad máxima del bote son 6 nudos.

**19:** En este punto al bote ya habría recatado al MOB unos 25 minutos después de que este se cayera por la borda, el buque se encontraría con una velocidad de 3,5 nudos, para que este no tendiera orzar mantendríamos el timón un poco de manera que la caída del buque se mantuviera hacia estribor. En este punto pararíamos la máquina dejándola en STAND-BY.

**20:** Por último, el bote se abarloadría por sotavento, le daríamos una boza que haría firme en proa y después lo izaríamos con el pescante. El MOB se encontraría a bordo unos 30-35 minutos después de su caída.

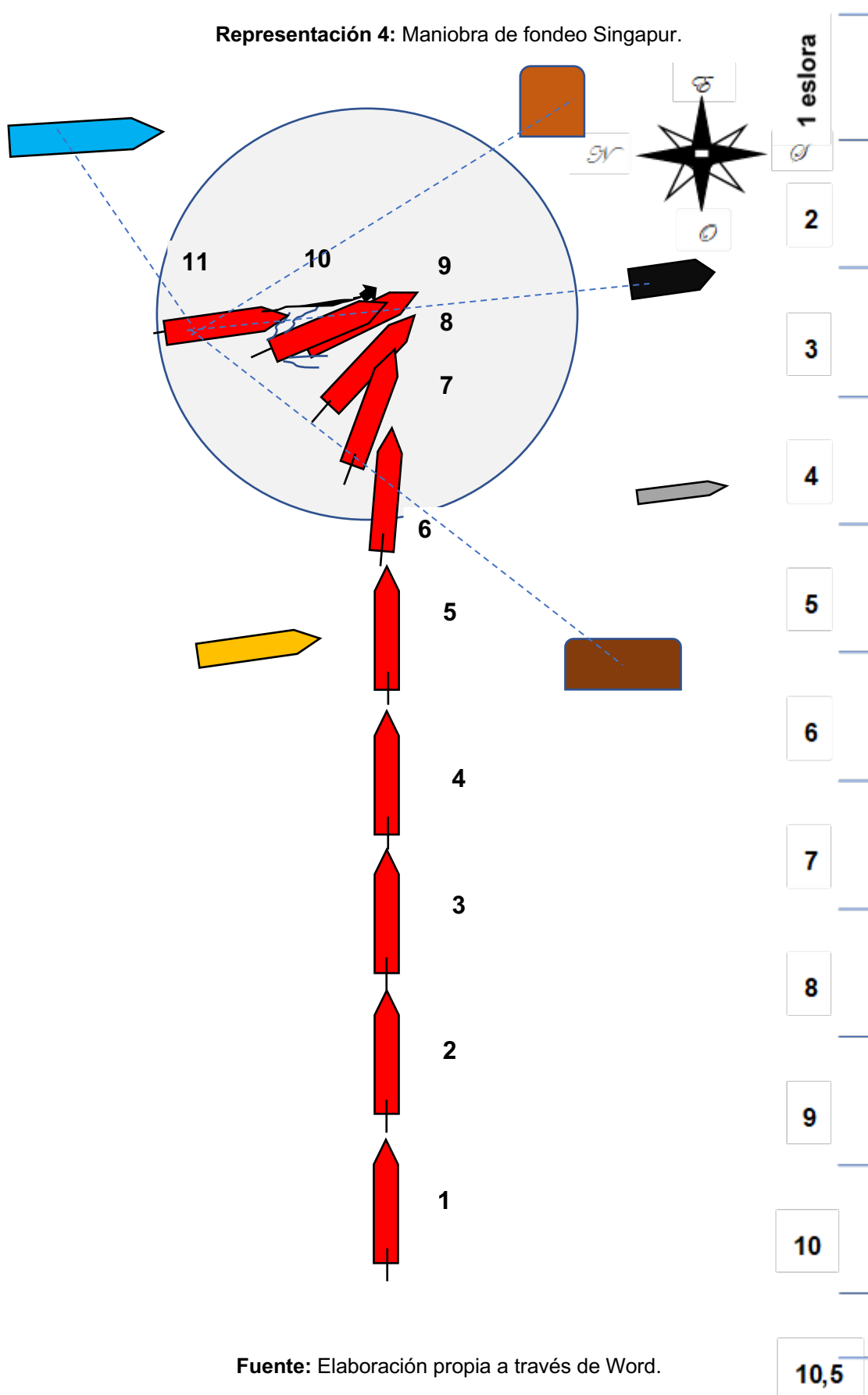
**Imagen 70, 71 & 72:** Arriado, navegación e izado bote salvavidas.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

### 3.2.2. Maniobras de fondeo.

**Representación 4:** Maniobra de fondeo Singapur.



**Fuente:** Elaboración propia a través de Word.



Descripción de la maniobra de fondeo:

**Acontecimientos previos:** Después de realizar la prueba de máquinas y subir el capitán al puente como hemos explicado al principio, unos 30 minutos antes de fondear se les ha pasado la voz al contramaestre para que fuera a proa con 2 marineros y preparara la maniobra de fondeo del molinete de babor dejando el ancla a la pendura. El primer oficial y los oficiales que estaban de guardia no son llamados ya que no es necesario para esta maniobra.

Antes de fondear el buque hay que haber comprobado en la carta, así como posteriormente a través de la sonda la profundidad del fondeadero. Según protocolos de la compañía de este buque cargado tiene que lascar aproximadamente 6 veces el fondo y en lastre unas 4. Sin tener en cuenta la altura del escoben sobre el mar.

Por ejemplo, teniendo en cuenta que 1 grillete son 27,5 metros y hubiera de sonda en el momento 20 metros (1 grillete) habría que lascar 120 metros de cadena cargados, unos 4,5 grilletes más los 6,4 metros de francobordo y 16 de calado, es decir 6 grilletes redondeando. Para la misma situación en lastre serían 3 grilletes más los 16,4 metros de francobordo en proa y 6 de calado, es decir, unos 4,5 grilletes aproximadamente. Hay que tener en cuenta que por mucha cadena que lasquemos si empeora el tiempo (más de 25 nudos o 2,5 nudos de corriente) la mejor opción es llevar ancla y ponerse a la capa ya que si no lo más seguro es que garreásemos o perdiésemos el ancla. Ya que como hemos visto lo máximo que resiste el molinete son 517 toneladas de frenado, no obstante, su fuerza de virado son 45, un viento de 36 nudos ya genera una fuerza longitudinal de este calibre cuando sopla de la proa del buque, así que ya no podríamos virar el ancla, sin embargo, con vientos a partir de 25 ya podríamos empezar a experimentar que garrease el buque y por eso establece la compañía ese límite de seguridad. Con una corriente de 4,9 nudos tendríamos la misma situación, por ende, establece la compañía ese límite del 50%.

En cuanto a la ola con más de 2 metros de amplitud ya no podríamos fondear asegurándonos el no garrear y la seguridad del buque se vería alterada por lo pantocazo que se podrían dar junto a los tirones de cadena que podrían levantar el ancla del fondo, no obstante, al tratarse de fondeaderos portuarios donde la ola es mínima no estudiamos este campo.

También es conveniente si fondeamos con más barcos ver cuál es su círculo de borneo y fondear a una distancia prudente de todos, ya que la relación de calados y francobordo es distinta entre buques y por lo tanto el viento y las mareas nos afectaran de formas distintas en los cambios de mareas o regímenes de vientos locales en cuanto al borneo. Estos buques se marcarán por medio de demoras y distancias varios barcos para ver cómo afecta la corriente y el viento al borneo, así como varios puntos fijos a tierra para situarse y ver si garreamos o no, estableciendo un área de borneo que será igual a la cadena lascada más la eslora del buque en cables y se trazará en la carta. En el ejemplo anterior los círculos de borneo serían de 6 por 27,5 metros de cadena más 274,2 metros de eslora, es decir 2,37 cables cargados, y 2,15 cables en lastre aproximadamente. En el caso de tener carta electrónica en vez de la toda la eslora contaríamos desde la antena del GPS<sup>51</sup> a la proa.

Podemos ver un círculo de borneo en el ECDIS en la imagen 75.

**1, 2, 3, 4 & 5:** Vamos manteniendo el rumbo y reduciendo máquina progresivamente durante un par de millas hasta que el barco tenga una arrancada avante de unos 4,9 nudos (velocidad mínima de gobierno).

**6, 7 & 8:** En este punto metemos atrás poca/media hasta pararlo y timón a la vía, durante este proceso el buque tenderá a caer la proa hacia estribor, debido al efecto de la hélice (es dextrógira avante, levógira atrás) el buque

---

<sup>51</sup> Siglas inglesas del sistema de posicionamiento global norteamericano: Global Positioning System.

comenzará a ciabogar hacia estribor hasta tener un rumbo 65 grados más a estribor que el inicial al terminar la maniobra de fondeo.

**9:** Cuando estemos casi parados y la corredera ya empiece a indicar mal por las turbulencias originadas por la hélice el capitán para cerciorarse de que estamos con cero arrancada ira a uno de los dos alerones donde observara las turbulencias de popa, cuando estas turbulencias empiezan a ir hacia proa por la altura de la escalera real, el mercante está parado, En este punto mandamos dejar el primer grillete sobre cubierta. Dejamos que coja una mínima arrancada hacia atrás y paramos máquina que estaba muy poca atrás.

**Imagen 73:** Turbulencias a la altura de la escalera real, buque parado.

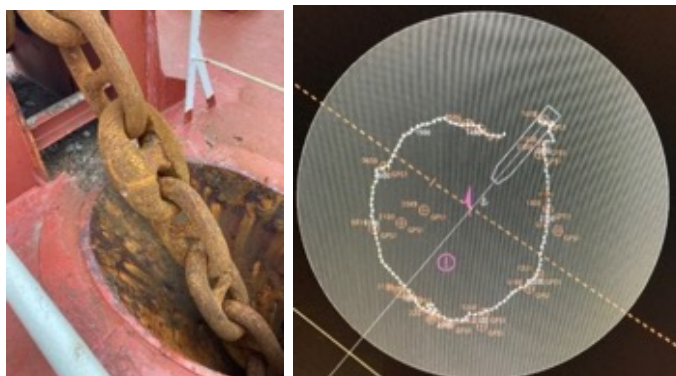


**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

**10:** En este instante comenzamos a lascar cadena poco a poco usando la maquina engranada y no con el freno por seguridad, al mismo tiempo que el barco tiene un poco arrancada atrás, de manera que la cadena en vez de quedar todo amontonada sobre el ancla va posándose sobre el fondeadero de manera uniforme. Al comenzar a lascar daría lugar un momento donde el ancla tocara fondo, este momento es de especial importancia ya que es la posición de tendido del ancla y que usaremos como posición de fondo, esta será anotada en el momento que los grilletes lascados sean igual a la sonda en el momento más el calado y el francobordo hasta el escoben, en este ejemplo expuesto anteriormente serian 20+16+6 metros en carga y 20+6+16 en lastre, 1,5 grilletes en ambos casos.

A continuación, seguiríamos laseando cadena y formando una catenaria hasta la posición **11** con el grillete correspondiente a la relación fondo que tengamos.

**Imagen 74 & 75:** Grillete Kenter número 6 sobre cubierta y círculo de borneo.

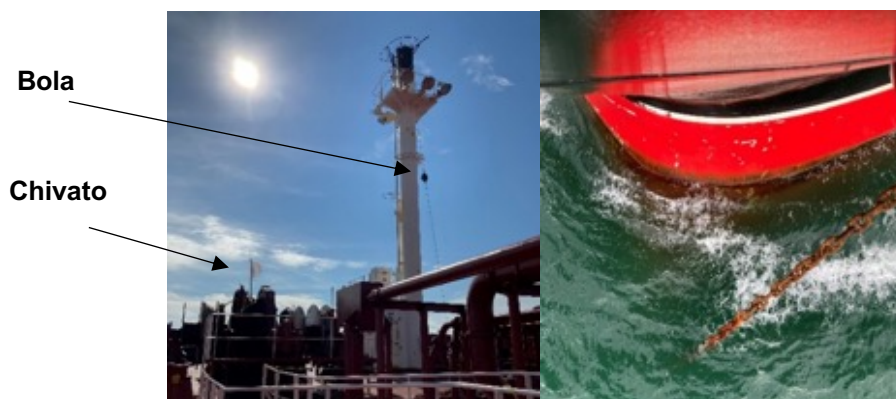


**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

Para finalizar la maniobra se frenaría el barboten y se colocaría en este una bandera blanca para ver desde proa si esta gira como señal de que garreamos. En la proa se izará la marca que indica que estamos fondeados (una bola negra) y se pone en el barboten un palo con.

Una vez fondeados podemos ir periódicamente a ver cómo trabaja el ancla, esta puede estar trabajando de spring, través, a las 10, 11, 12, 01, 02, través o spring basándonos en las manecillas de un reloj.

**Imagen 76 & 77:** Marca reglamentaria de fondeo, chivato garreo y cadena a la 01.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

Para abandonar el fondeadero la maniobra sería mucho más sencilla, constaría en hacer una prueba de maquina antes de zarpar y una vez listos dar un poco de maquina avante para aliviar carga de trabajo en el molinete y empezar a virar ancla con este, siempre habiendo estudiado antes la disposición de los barcos a nuestro entorno y la marea.

Cabe destacar que en algunos fondeaderos muy transcurridos como puede ser el de Singapur puede darse el caso de la obligatoriedad de practico para fondear y zarpar el buque.

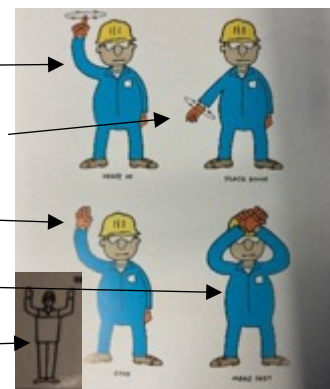
Otro dato importante es que en este puerto las corrientes son de este a oeste o viceversa, la maniobra se habría realizado justo durante el cambio de marea de este a oeste.

### **Nota importante:**

Tanto para esta maniobra vista como las que veremos ahora hay que conocer bien como se trabaja con la jarcia de unión y la de tracción, para ello, se emplean los siguientes gestos y términos a la hora de manejar estos elementos:

**Imagen 78:** Indicaciones.

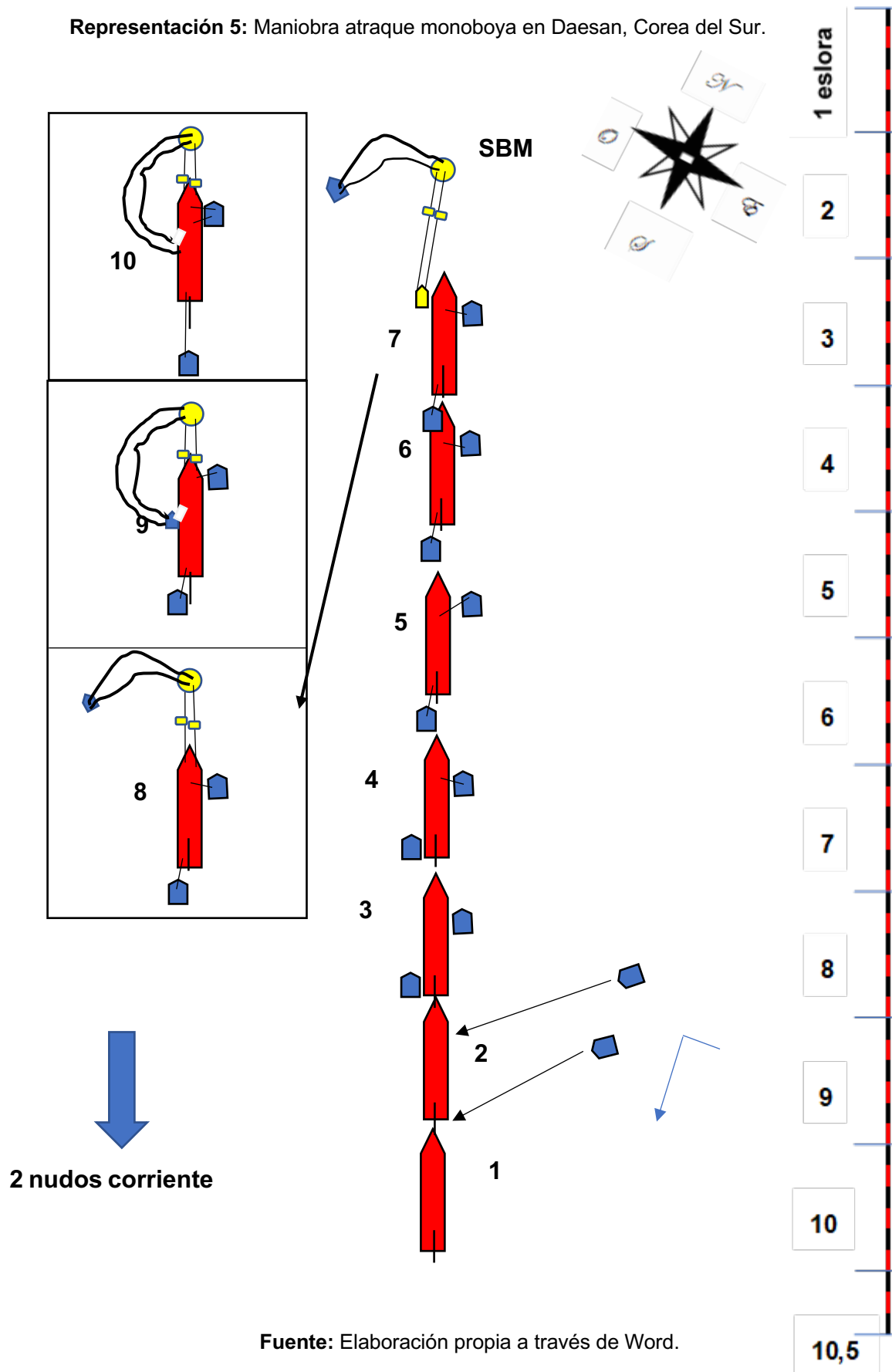
- HEAVE UP/VIRAR/COBRAR
- PAY OUT/SLAK-DOWN/LARGAR/LASCAR/ARRIAR
- STOP/PARAR.
- MAKE FAST, HACER FIRME
- PARADA DE EMERGENCIA



**Fuente:** Effective Mooring (OCIMF)

### 3.2.3. Maniobras monoboya/campo de boyas.

**Representación 5:** Maniobra atraque monoboya en Daesan, Corea del Sur.



Descripción de la maniobra monoboya:

**Acontecimientos previos:** En esta maniobra de monoboya cargados tendremos al capitán y el practico en el puente junto al primer oficial, el segundo oficial en la maniobra de proa con el contramaestre, marineros y si los hubiera los amarradores de la terminal, y el tercero en la de popa con el bombero y marineros.

**1:** La maniobra comienza a poca avante a una velocidad de 8 nudos sobre la superficie y 6 sobre el fondo momento en el que embarca el práctico.

**2:** El práctico y el capitán intercambian la información necesaria mientras se mantiene el rumbo y velocidad del buque. Mientras, se van aproximando 2 remolcadores que estarán a las órdenes del practico y trabajarán de carnero o retenida uno en la banda de estribor y otro hecho firme por panamá en popa. Los remolcadores son de gran importancia durante la maniobra, el de popa nos ayuda a frenar la arrancada del barco, el de proa nos mantiene el rumbo.

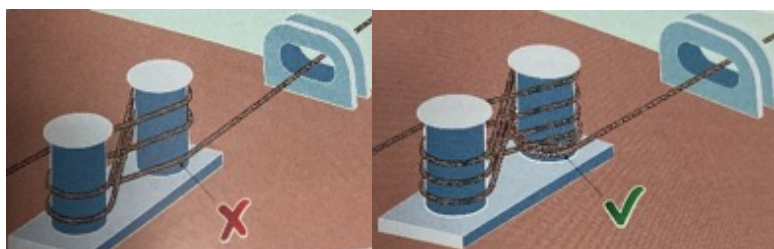
**Imagen 79:** Remolcador tipo para la maniobra, 36 metros de eslora y 70 toneladas de tiro.



**Fuente:** Marine traffic.

**3, 4 & 5:** Para hacer firme el remolcador le tendremos que lanzar un cabo guía de los que disponemos abordo, de manera que así podamos virar su cabo de remolque a través de nuestras maquinillas.

**Imagen 80 & 81:** Uso correcto guía en proa y del uso de una bita.



**Fuente:** Manual de navegación del B/T Monte Toledo y Effective mooring (OCIMF)

Una vez cobradas sus estachas primero las abozariamos y luego las haríamos firmes a nuestras bitas. Una vez firmes reduciríamos a muy poca avance.

**Imagen 82, 83 & 84:** Firmes remolcadores en popa y proa.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

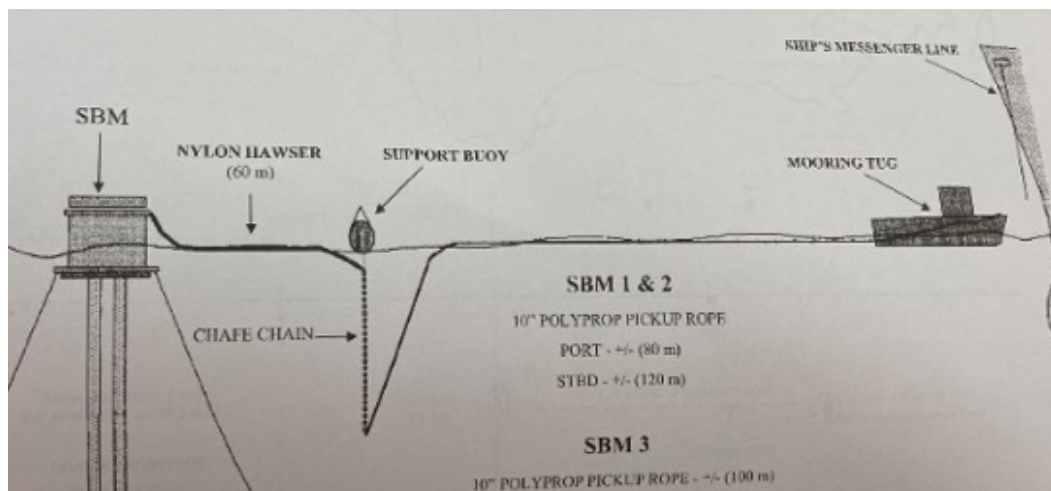
**6:** Firmes y con una velocidad de unos 4 nudos sobre la superficie y 2 sobre el fondo pararíamos maquina y los remolcadores con algo de ayuda del timón de nuestro buque mantendríamos el rumbo a la monoboya llegando a los cabos con los que viraremos el ancla de la cadena a una velocidad de 0,5 nudos sobre el fondo.

**7:** Al estar cerca de los extremos de las estachas (80-100 metros de la monoboya) para virar las cadenas de la monoboya se nos aproximaría una barcaza a la cual le lanzaríamos una guía para virar su mensajero que ira a su vez conectado a las estachas que va unida a las cadenas de la monoboya.



Comenzamos a vira estas con las maquinillas de los molinetes primero con el cabirón y una vez llegue el mensajero con la estacha abozariamos y la estacha la pasaríamos al carretel.

**Imagen 85:** Plano monoboya tipo.



**Fuente:** Mina Al Fahal Port Terminal.

**8 & 9:** Seguiríamos virando la estacha que va unida a las cadenas de la monoboya a la vez que los remolcadores nos mantienen el rumbo y damos alguna palada adelante hasta que tenemos las cadenas de la monoboya entrando por las gateras de proa, una vez están 3 o 4 eslabones pasando el estopor cerraríamos el estopor y quedaría la cadena firme y estaríamos ya sujetos a la monoboya. Durante este proceso el segundo oficial en proa va continuamente informando al capitán de la distancia a la boya, para esto con anterioridad se nos pasa un plano de la monoboya donde podemos ver la distancia de esta a los extremos de la cadena. Esta distancia suele ser de entre 60 y 80 metros. Una vez firmes desembarcaría el práctico.

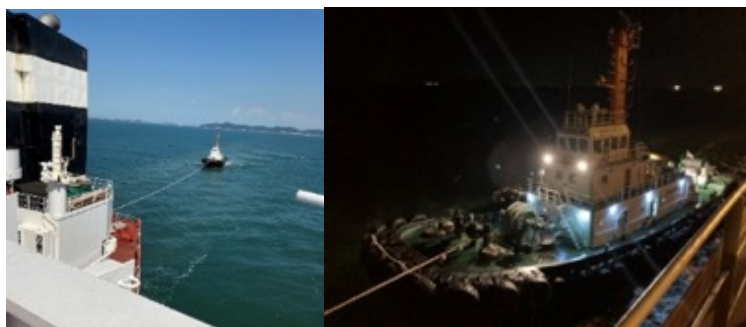
**Imagen 86 & 87:** Monoboya firme y mangueras conectadas.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

**10:** Firmes a la SBM<sup>52</sup>, la barcaza nos traería a la banda correspondiente las mangueras que subiríamos a bordo con la una de las grúas que tenemos en ambas bandas a la altura de los manifold. El remolcador hecho firme en estribor trabajaría de carnero o retenida en caso de emergencia para alejar al buque de la monoboya y el de popa se encarga de mantener el buque alineado con la monoboya sobre todo en los cambios de marea para evitar un borneo brusco durante las 24 horas que puede durar la descarga/carga.

**Imagen 88 & 89:** Remolcador en la banda de babor y en popa.

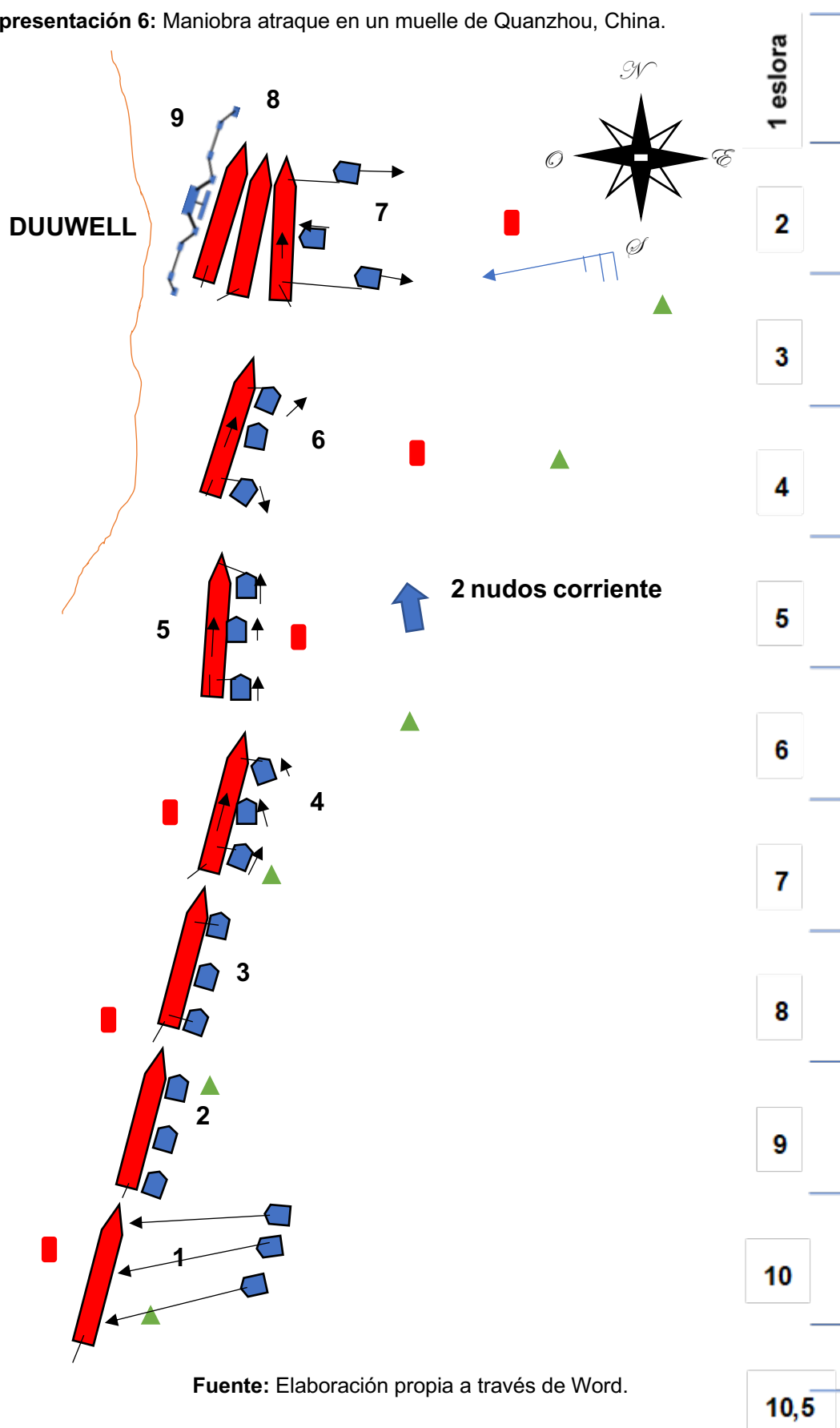


**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

Para zarpar la maniobra sería mucho más corta y simple, ya que consistiría en un proceso prácticamente a la inversa donde una vez libres de la monoboya nuestra única preocupación sería su ubicación para largarla de una manera segura teniendo muy en cuenta el rabeo de la popa en todo instante.

<sup>52</sup> Siglas en ingles de Monoboya: Single Buoy Mooring.

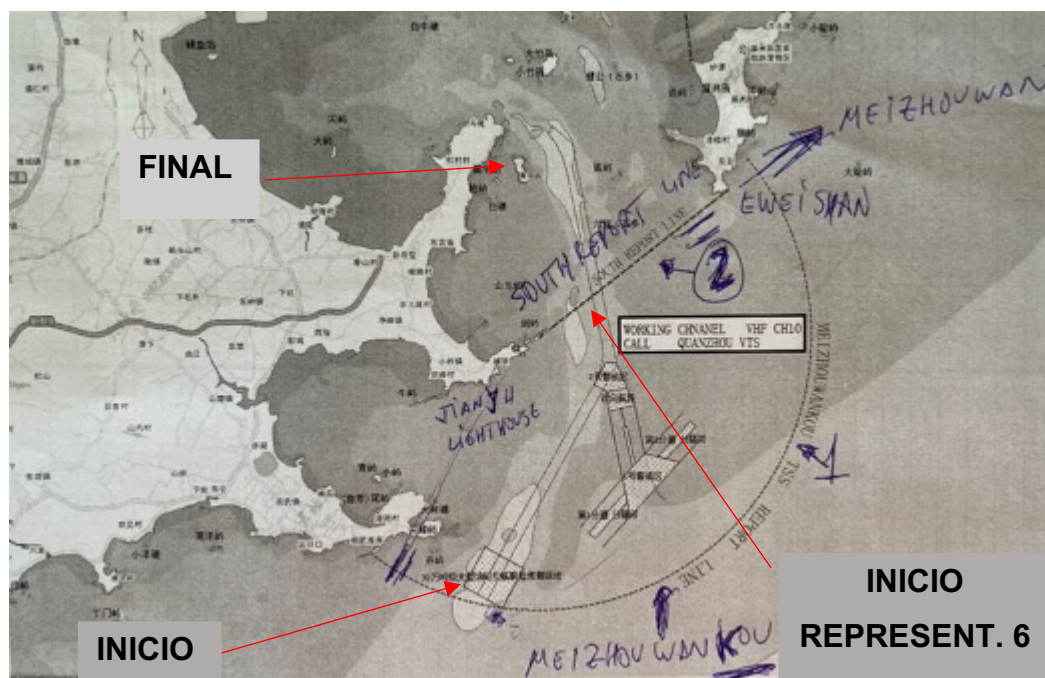
## 3.2.4. Maniobras en muelles.

**Representación 6:** Maniobra atraque en un muelle de Quanzhou, China.

Descripción de la maniobra atraque muelle:

**Acontecimientos previos:**

**Imagen 90:** Bahía de Quanzhou, China Meridional.



**Fuente:** U.K Admiralty

La bahía de Quanzhou es un puerto donde solo está permitido a los mercantes navegar de noche y con la marea entrante, es un puerto de las características propias de Santander con amplitudes de marea de hasta 5 metros.

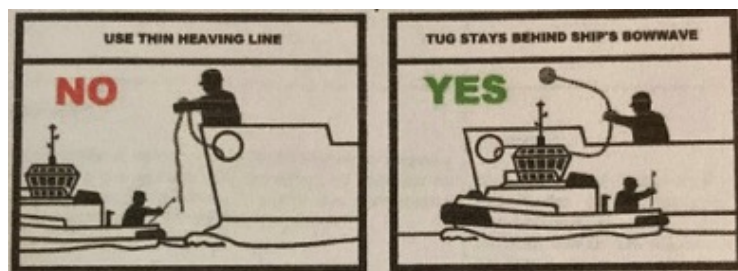
Las maniobras empiezan desde el “Tidal anchorage” situado en “inicio” y para nosotros acaban en la isla-terminal de “DUUWELL” donde hay una terminal para descargar el crudo que llevamos.

Una vez zarpamos del fondeadero navegamos hasta dejar el faro por babor y hacer el cambio de rumbo, momento que embarca el práctico, siguiendo la canal, hasta cruzar la enfilación de Jian Yu con Meizhovwan, momento que empieza nuestra maniobra.

**1:** En este punto tendríamos una velocidad de 4 nudos sobre el fondo con maquina muy poca avante. En la proa encontramos al segundo oficial y en la popa al tercero.

**2:** Se abarloan los remolcadores, se hacen firmes un remolcador en proa y otro en popa para trabajar de carnero o retenida, mientras que un tercero se abarloa a media eslora entre los dos sin hacerse firme. En cuanto al remolcador de proa es importante no lanzarle la guía por la proa, si no por la amura de estribor o babor y le demos por aquí la guía de manera que el remolcador esta fuera de peligro de la ola generada por el bulbo del buque.

**Imagen 91:** Como dar cabos al remolcador de proa.



**Fuente:** Manual de navegación del B/T Monte Toledo.

**3:** Navegamos prácticamente sin ayuda de los remolcadores usando nuestros medios a una velocidad de 3 nudos hasta el momento que nos témenos que salir de la canal para ir al muelle.

**4:** En este momento los remolcadores empiezan a trabajar como vemos en la representación, nosotros vamos metiendo muy poca avante y parando máquina para intentar mantener una arrancada de 2 nudos.

**5:** Seguimos con el mismo modus operandi que en el punto 4, pero cada vez reduciendo más la velocidad, ahora con 1,8 nudos.

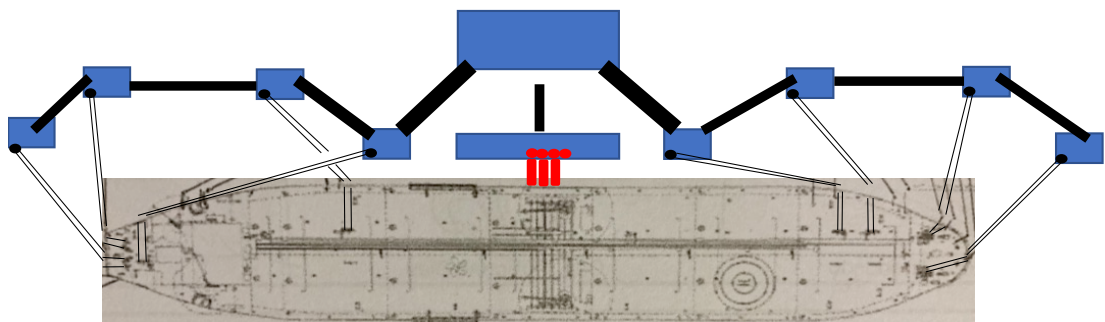
**6:** Este es el punto más conflictivo de la maniobra ya que con el fuerte viento de través el buque tiende a irse contra la isla, nosotros mantenemos una velocidad de un nudo mientras los remolcadores no hacen gobernar para remontar el muelle.

**7:** Llegados a este punto y con una velocidad de 0,5 nudos los remolcadores de proa y popa regulaban la caída de estas mientras que el situado a media eslora iba empujando poco a poco el buque hacia el muelle con ayuda del viento, manteniendo una velocidad transversal de 0,5 nudos. Nosotros íbamos dando muy poca atrás, poca atrás, maquina parada, poca adelante para mantener el buque longitudinalmente centrada muelle con una proa de 022. (orientación muelle). Llegados aquí estamos a 80 metros del muelle.

**8:** En este punto a 40 metros del muelle metemos timón a babor de manera que la corriente que viene de popa nos meta la popa contra el muelle.

**9:** Una vez abarloado el buque nos disponemos a hacer firme este. La distribución de el amarre fue 4,2,2, es decir 4 largos de proa y popa (head and Stern lines), 2 traveseses (breast lines) y 2 retenidas (spring). Refiriendo estos números al número de cabos en cada posición tanto en popa como proa.

**Representación 7:** Plan de amarre buque.



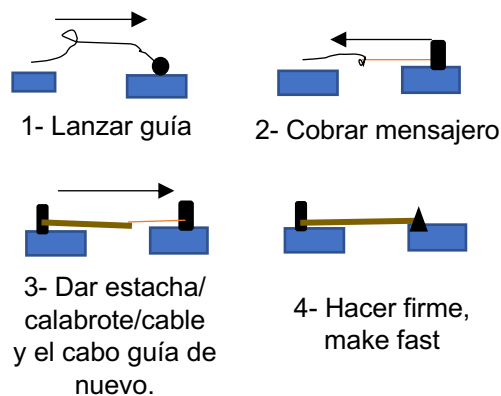
**Fuente:** Elaboración propia mediante Word y planos Monte Toledo.



Como el muelle está pensado para VLCC, nos quedaba un poco grande y en popa el spring se ha dado como través y el través como spring.

En la maniobra el tercero en popa ha dado 4 largos, 2 traveseses y 2 springs de uno en uno según órdenes del practico el segundo oficial en proa. La forma de trabajar con los cabos consistía en que nosotros les pasábamos el cabo guía para que ellos luego nos pasaran el mensajero y pudieran virar nuestro calabrote (junto a la guía para acortar tiempo luego) y ellos lo encapillaban en su noray hidráulico. Estos tienen la cualidad de que están tarados a una fuerza de tiro que si es superada se zafan antes de romperse. Esta fuerza se puede introducir manualmente, por lo que se puede adecuar a SWL de nuestras líneas siempre y cuando este no sea superior al SWL del noray.

**Representación 8 e imagen 92:** Dar cabos a tierra y noray hidráulico (hydraulic bollard)



**Fuente:** Elaboración propia mediante Word y trabajo de campo del autor.

Al ya tener todos los cabos dado y el capitán junto al practico a través de la información de los marineros del manifold tratan de dejar el buque totalmente alineado con el manifold el capitán informara a los oficiales de si van a mover el buque hacia proa o popa, si dice a "a proa" se refiere a que el buque se mueve a proa así que hay que virar de popa el spring y largar los largos y el través; cuando en proa se hará al revés.

Cuando ya este todo firme y listo al haber amarrado con cables es importante que en el luchadero (carretel de trabajo) queden no menos de 5 vueltas, de manera que siempre trabaje bien y haya margen para ir lascando o virando cuando suba o baje la marea y descarguemos/ carguemos. Lo que nunca puede pasar es que queden más de una vuelta completa de tambor, ya que el cable se mordería entre sí y luego no largaría.

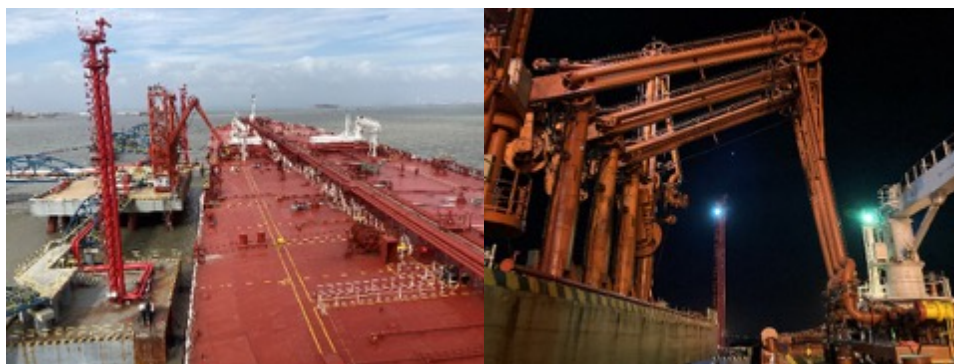
**Imagen 93 & 94:** Maquinillas trabajando.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

Es importante terminada la maniobra acordarse de poner las rateras, ya que si no pueden subir/bajar ratas a bordo ya que estas son capaces de nadar para llegar al buque. También es importante señalizar los cables en cubierta.

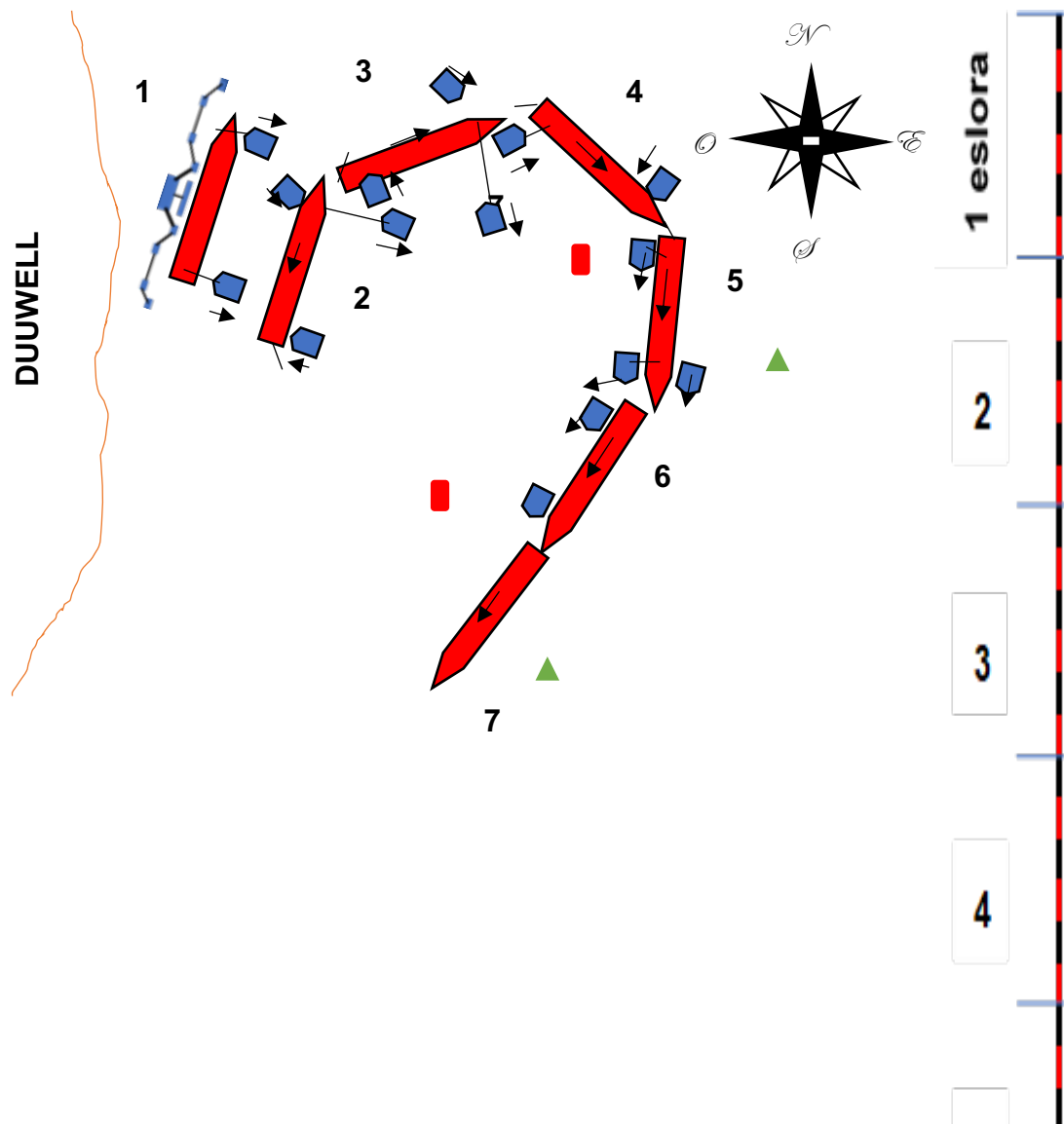
**Imagen 95 & 96:** Buque atracado al muelle y brazos conectados.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.



**Representación 9:** Maniobra desatraque en un muelle de Quanzhou, China.



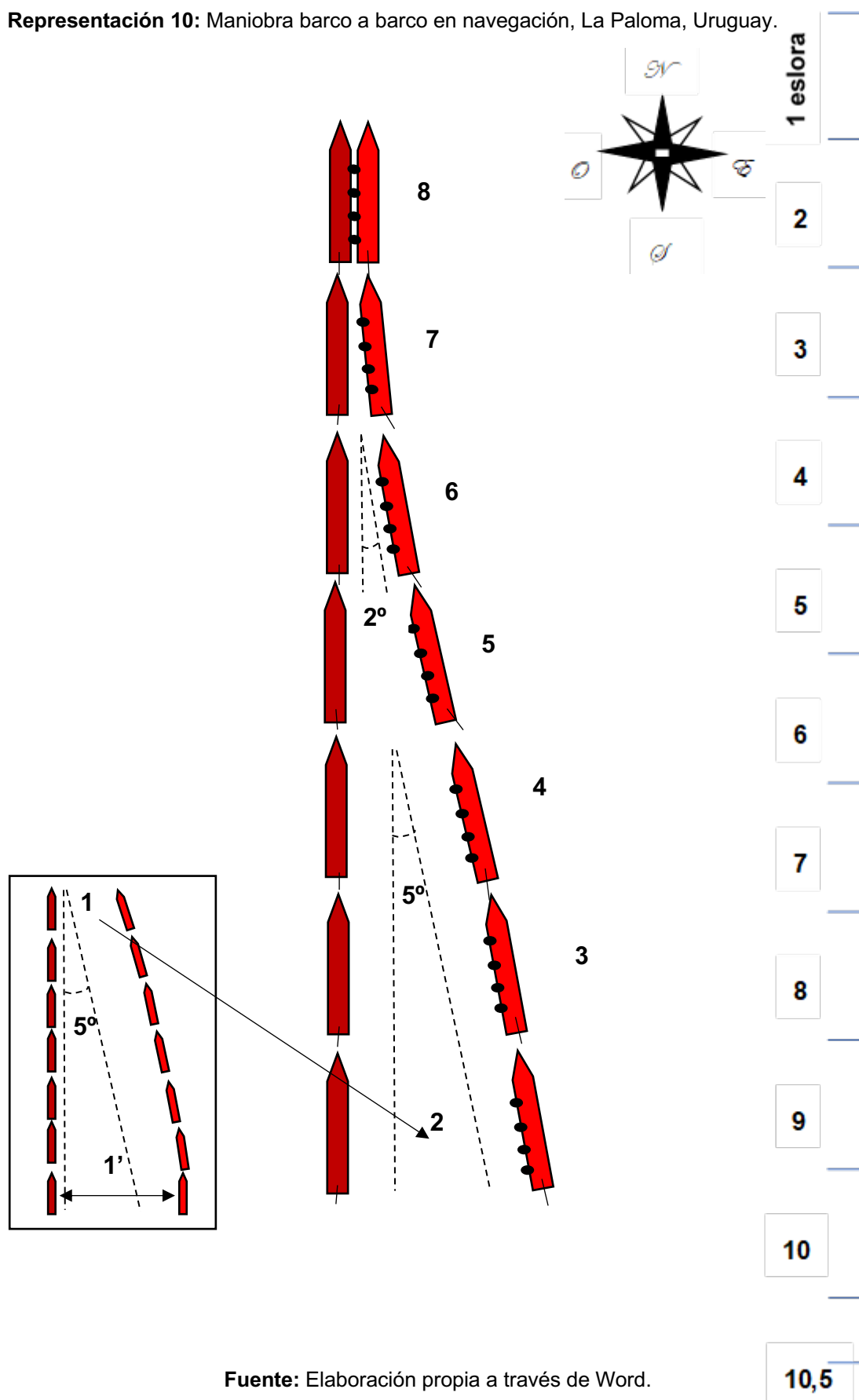
**Fuente:** Elaboración propia a través de Word.

### Descripción de la maniobra desatraque muelle:

Esta maniobra es mucho más sencilla que la de atraque, ya que únicamente consiste en largar todos los cables y dejar que los remolcadores nos alejen del muelle y nos empiecen a revirar, momento en el que nosotros damos maquina y timón todo a la banda para ayudar en la ciaboga del buque. Una vez dentro de la canal los remolcadores se zafan y navegamos a una velocidad de 5 nudos hasta mar abierto, teniendo mucha precaución con los diversos pesqueros y boyas de la zona.

### 3.2.5. Maniobras barco a barco. (STS)

**Representación 10:** Maniobra barco a barco en navegación, La Paloma, Uruguay.

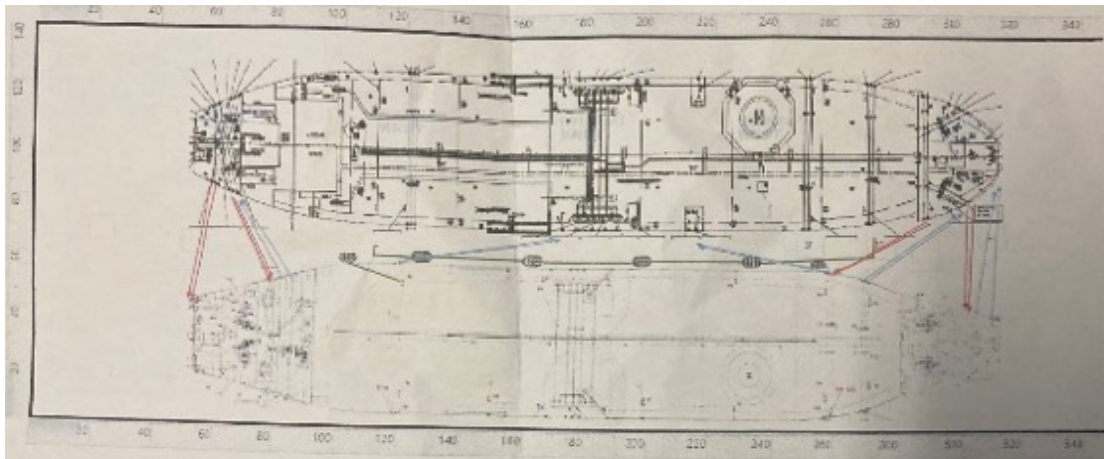


**Fuente:** Elaboración propia a través de Word.

Descripción de la maniobra STS en navegación:

**Acontecimientos previos:** Antes de la maniobra embarcan en cada buque un pilot mooring master, los cuales serán los encargados de asesorar a los capitanes y coordinar la maniobra entre los dos buques. También son los encargados de establecer el plan de atraque y proporcionar las defensas tipo bebe (baby fenders) y las Yokohama que en este caso llevaremos nosotros en nuestra banda de babor. Nosotros por otro lado rellenamos todas las listas de comprobación del STS. Podemos encontrar en la publicación de la OCIMF “*Ship to Ship Transfer Guide for Petroleum, Chemicals and Liquefied Gases*”

**Imagen 97:** Plan amarre STS del Lena Knutsen (Br) y Monte Toledo (Er).



**Fuente:** AET Mooring.

Las claves de esta maniobra es establecer el rumbo fijo del buque cargado, el ángulo de entrada del buque en lastre y la separación inicial entre ambos. El rumbo y distancia inicial de ambos buques sería del 090 y una distancia de 1 milla, el buque en carga “Lena Knutsen” mantendrá un rumbo del 090 mientras que nosotros iremos con un rumbo del 085 aproximándonos a él a la mínima velocidad del buque en lastre. En este caso sería a la nuestra, 5 nudos.

Esta maniobra se realiza en alta mar, por lo que hay un límite de ola y viento establecido, el límite de viento se establece en 25 nudos y 2 metros de mar para evitar movimientos bruscos antes durante y después de la operación.

**1, 2, 3, \$ 4:** Los buques se encuentran a 2 cables aproximándose a 5 nudos muy poca avante ambos con rumbos del 090 y del 085.

**5 & 6:** Procedemos a alterar el rumbo del 085 al 088 para cerrar el ángulo de 5 grados a 2 grados manteniendo la velocidad de 5 nudos hasta estar a 50 metros de separación en proa.

**7:** Al estar a 50 metros aumentamos el rumbo al 089 hasta estar casi tocando en proa nuestras defensas con el casco del Lena, momento que ponemos rumbo 090.

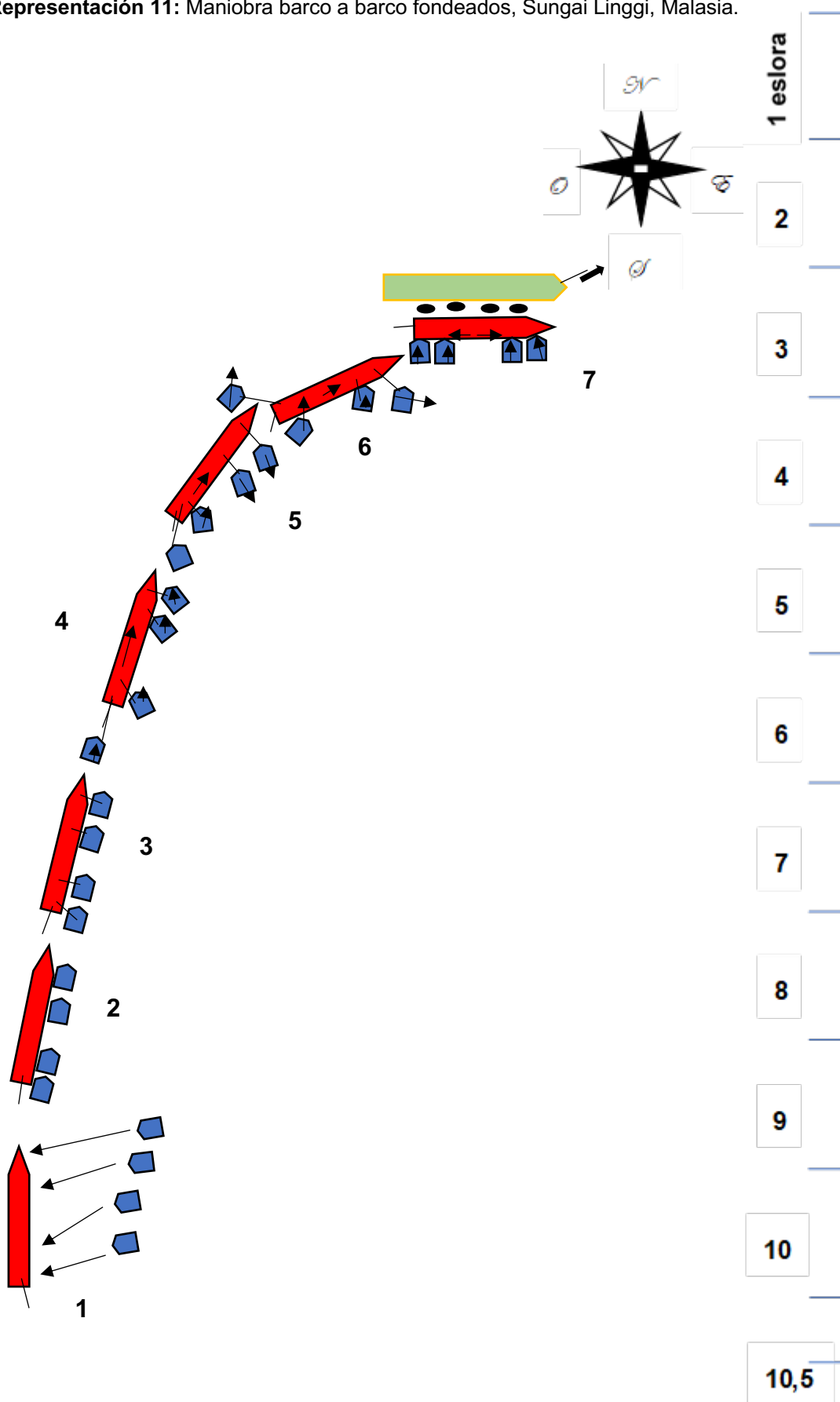
**8:** Abarloados los dos buques la fuerza del agua que pasa entre ambos crea una baja presión que los mantiene juntos prácticamente sin ayuda de los timones, por ello seguimos navegando a 5 nudos con el rumbo 090 hasta que ambos buques están firmes siguiendo los procedimientos vistos en otras maniobras. Una vez firmes, ambos buques paran maquina y se dejan llevar por la inercia del buque en carga poco a poco hasta que ambos se quedan sin arrancada a la deriva con las señales reglamentarias de “maniobra restringida” de las luces roja-blanco-roja o la señal de día bola-rombo-bola.

**Imagen 98:** Lena Knutsen y Monte Toledo abarloados.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

**Representación 11:** Maniobra barco a barco fondeados, Sungai Linggi, Malasia.

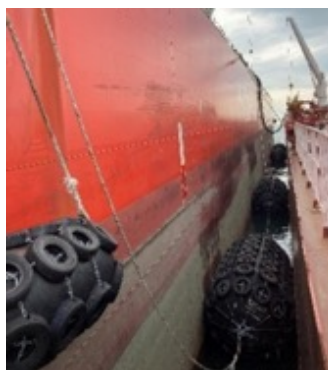


**Fuente:** Elaboración propia a través de Word.

Descripción de la maniobra STS fondeado el buque cargado y con defensas:

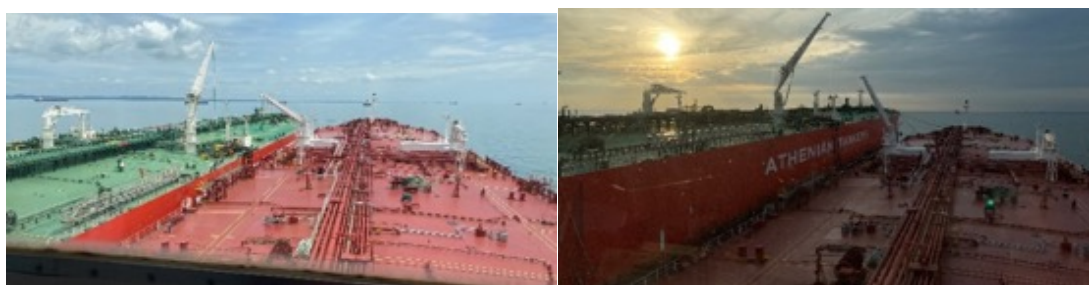
La maniobra sería muy parecida a la del muelle que hemos realizado, con las peculiaridades de que tendría que realizarse a media marea entrante o vaciante para evitar borneos del buque fondeado.

**Imagen 99:** Defensas.



**Fuente:** Trabajo de campo del autor.

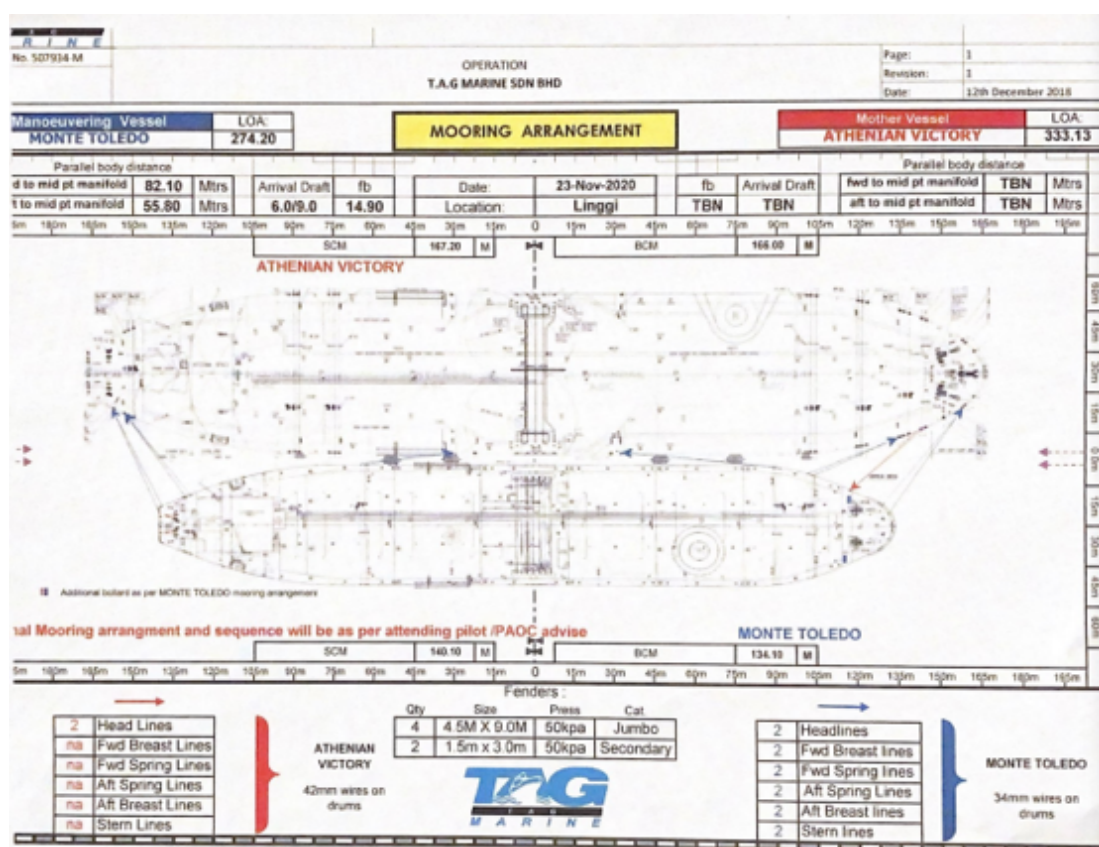
A medida que se hace el trasiego hay que tener en cuenta que los francobordos van a variar, por eso hay que calcular bien las vueltas que se meten en el carretel de trabajo. En este caso al tratarse de que un VLCC a media carga (1000000 de barriles) trasegando su carga un Suezmax en lastre de 1000000 barriles a plena carga, lo mejor era dejar el carretel de trabajo con el número máximo de vueltas sin solaparse para ir lascar según cargamos.

Imagen 100 & 101<sup>53</sup>: Athenian Victory y Monte Toledo antes y después.

Fuente: Trabajo de campo del autor.

De esta maniobra también podemos ver el plan de amarre donde se precian los cabos que da cada buque y la distribución de las monoboyas.

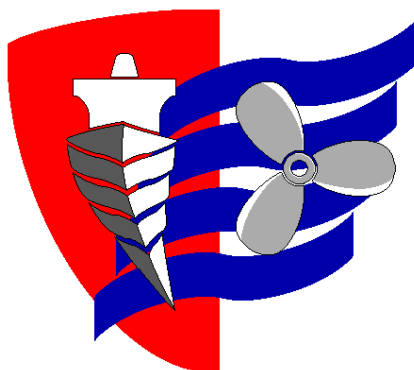
Imagen 102: Plan amarre STS del Athenian Victory (Br) y Monte Toledo (Er).



Fuente: TAG Marine.

<sup>53</sup> **Nota general:** Como estipula el MARPOL hay que sellar los imbornales con cemento y la terminal tiene que rodear el buque con unas barreras anticontaminación cuando se realizan operaciones con productos del tipo que llevamos a bordo, a parte de más medidas preventivas de a bordo como el OPA 90 o el SOPEP.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**4. CONCLUSIÓN**



Las conclusiones obtenidas tras la realización del Trabajo Fin de Grado son las siguientes:

**Primero:** Al tratarse de un buque de gran porte como hemos visto tiene unas curvas de evolución considerables que varían en función de la condición de carga y la profundidad y no de la velocidad de este. Así mismo el asiento dinámico es una variable para tener muy en cuenta en navegación en aguas someras al poder incrementar el calado hasta en 4 metros.

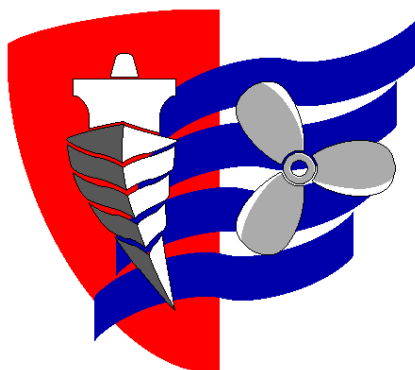
**Segundo:** El buque Monte Toledo posee un plan de maniobra en cubierta muy equipado capaz de afrontar cualquier tipo de maniobras y situaciones como puede ser desde cruzar el canal de Suez o Panamá a realizar maniobras offshore con otros buques que lo hacen un mercante de dimensiones idóneas para el transporte de crudo por todo el mundo en un rango de tiempo aceptable.

**Tercero:** Los cálculos expuestos en el trabajo dejan claro numéricamente la importancia del efecto de los efectos externos en el buque como pueden ser el viento y la corriente, siendo estas variables en función de la condición de carga y causando mucho más efecto en el buque la corriente que los vientos debido al gran coeficiente de bloque que posee el buque.

**Cuarto:** Después de ver las diversas maniobras que puede realizar el buque con todo tipo de condiciones de corrientes y vientos dentro de navegable con y sin remolcadores podemos decir que nos encontramos frente a un buque bastante marino pese a sus limitaciones en maniobrabilidad comparado con otros buques de menos con más herramientas que el nuestro para maniobrar.

**Quinta:** Antes de la realización de cualquier tipo de maniobra por más sencilla que sea cabe hacer una previa planificación y reunión con toda la tripulación de lo que se va a realizar con el fin de garantizar la seguridad de la maniobra y la buena realización de esta

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**5. BIBLIOGRAFÍA**

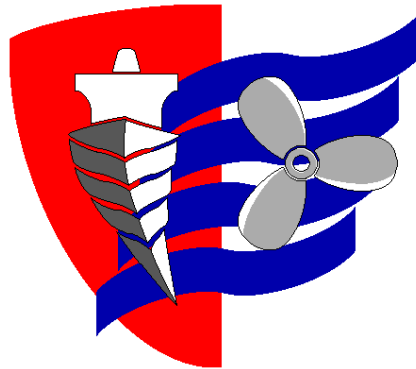
**BIBLIOGRAFÍA.**

- 1) Puertos del Estado, 1999, “ROM 3.1-99, Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación”
- 2) OMI, 1972, “Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGs)”
- 3) OMI, 2014, “Safety of Life at Sea (SOLAS)”
- 4) OCIMF, 2<sup>nd</sup> edition 2010, “Anchoring System and Procedures”
- 5) OCIMF, 1<sup>st</sup> edition 2013, “Ship to Ship Transfer Guide for Petroleum, Chemicals and Liquefied Gases”
- 6) OCIMF, 3<sup>rd</sup> edition 2017, “Tanker Management and Self Assessment 3 – Best Practice Guide”
- 7) OCIMF, 1<sup>st</sup> edition 2015, “Competence Assurance Guidelines for Mooring, Loading and Lightering Master”
- 8) OCIMF, 1<sup>st</sup> edition 2010, “Guidelines for the design, Operation and Maintenance of Multi Buoy Moorings (MBM)”
- 9) OCIMF, 4<sup>th</sup> edition 2018, “Mooring Equipment Guidelines (MEG4)”
- 10) OCIMF, 6<sup>th</sup> edition 2020, “International Safety Guide for Tankers and Terminals (ISGOTT)”
- 11) OCIMF, 1<sup>st</sup> edition 2013, “Marine Terminal Operator Competence and Training Guide (MTOCT)”
- 12) OCIMF, 2<sup>nd</sup> edition 2020, “Ship to Ship provider Management and Self Assessment Guide”
- 13) OCIMF, 3<sup>rd</sup> edition 2015, “Single Point Mooring Maintenance and Operations Guide (SMOG)”
- 14) OCIMF, 4<sup>th</sup> edition 2019, “Effective Mooring”
- 15) OCIMF, 1<sup>st</sup> edition 2018, “Guidelines for Offshore Tanker Operations”
- 16) Barbudo, E. Ediciones Fragata 7<sup>a</sup> Edición, Cádiz 1991, “Tratado de Maniobra”
- 17) Segarra, R.M. 1998, “Maniobras de los Buques”

- 18) Álvarez Hernández, A.M. 2015, “Hélices y timones de maniobra”
- 19) Zori Obeso, I.T. 2019, “Crónicas desde una jaula sin barrotes”
- 20) IBAIZABAL, 2010, “Manual de Navegación del B/T Monte Toledo”
- 21) Mina Al Fahal Port Terminal, 2020, “Plano Monoboya”
- 22) Herreros Sierra, M.A., Zamora Rodríguez, A. & Pérez Rojas, L. 2015, “El Fenómeno Squat en Áreas de Profundidad Variable y Limitada”
- 23) DESMI 2018, “Oil Spill Response Product Brochure”
- 24) AET Mooring, 2020, “Plan amarre STS del Lena Knustsen y Monte Toledo”
- 25) U.K Admiralty, 2021, “Bahía de Quanzhou, China meridional”
- 26) TAG Marine, 2020, Plan amarre STS del Athenian Victory y Monte Toledo.
- 27) MUYINTERESANTE, <http://www.muyinteresante.es> - ¿Cuáles han sido las mayores catástrofes petroleras? Accedido el 12/03/2021.
- 28) BALEARIA, <http://www.balearia.com> – Entre olas, La maniobra de atraque paso a paso. Accedido el 17/03/2021.
- 29) MARINE ENGINEERING KNOWLEDGE BY RAJAN <https://sites.google.com/site/frerfuninstudy/rudder> - Marine Engineering Knowledge by Rajan. Accedido el 17/03/2021.
- 30) KATRADIS <https://www.katradis.com/wire-ropes/standard-wire-ropes/class-6x36-steel-core-iwrc> - Wires and Ropes. Accedido el 20/04/2021.
- 31) NAUTICEXPO <https://pdf.nauticexpo.es/pdf/lankhorst-ropes-31255.html> - Ropes. Accedido el 20/04/2021.
- 32) NATIONAL GEOGRAPHIC <https://nationalgeographic.com.es> - Los barcos de los faraones. Accedido el 28/04/2021.
- 33) CANAL HISTORIA <https://canalhistoria.es> - La catástrofe del Prestige. Accedido el 12/03/2021.
- 34) LA VIEJA ESPAÑA <https://laviejaespana.es> - La Numancia; el primer barco blindado en dar la vuelta al mundo. Accedido el 12/03/2021.
- 35) PINTEREST <https://pinterest.es> – Barcos. Accedido el 01/05/2021.

- 36) MARENOSTRUM <https://marenostrum.org> – La desgracia del Prestige. Accedido el 12/03/2021.
- 37) WIKIWAND <https://wikiwand.com> – Tipos de timones. Accedido el 25/03/2021.
- 38) JAPANHAM <https://japanham.com> – Schilling Rudders. Accedido el 25/03/2021.
- 39) MANUAL DE VUELO <https://manualdevuelo.es> – Venturi y Bernoulli. Accedido el 02/05/2021.
- 40) ESTABILIDAD DEL BUQUE <https://estabilidaddelbuque.com> – Estabilidad. Accedido el 04/05/2021.
- 41) IK STEEL <https://ik-steel.com> – Wires. Accedido el 20/04/2021.
- 42) EXPORTERS INDIA <https://exportersindia.com> – Wires. Accedido el 20/04/2021.
- 43) MARINE TRAFFIC <https://marinetraffic.com> – Dae Dong NO 11. Accedido el 10/05/2021.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**ANEXOS**

## ANEXO I: PLANOS MANIOBRA DE KEMPT

Maniobra Kempt, Fuente Biblioteca de a bordo del B/T Monte Toledo.

## SHIP'S CONDITIONS

WIND SW/3 SEA SW/2 WATER DEPTH= 3900 MTRS

LOAD CONDITION, DRAFTS 14.50 MTRS EVEN KEEL

RPM= 84 SPEED= 14.0 KNOTS ONE STEERING PUMP

COURSE 290 DEG (BASE COURSE)

## 10°/10° ZIG-ZAG TEST

|   | Course | Speed | Time   |     |
|---|--------|-------|--------|-----|
| Rudder 10 deg to Stbd                         |        |       | 06"    |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 300°   |       | 01'07" | 10° |
| Rudder shifted to 10 deg to Port              |        |       | 01'17" |     |
| Time completed yaw to stbd                    | 310°   | 13.5  | 02'22" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 12.9  | 03'50" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 280°   |       | 04'12" | 09° |
| Rudder shifted to 10 deg to Stbd              |        |       | 04'21" |     |
| Time completed yaw to port                    | 253°   | 11.7  | 06'27" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 11.0  | 09'21" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 300°   |       | 09'44" | 10° |
| Rudder shifted to 10 deg to Port              |        |       | 09'54" |     |
| Time completed yaw to stbd                    | 319°   | 10.9  | 11'42" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 10.8  | 13'45" |     |

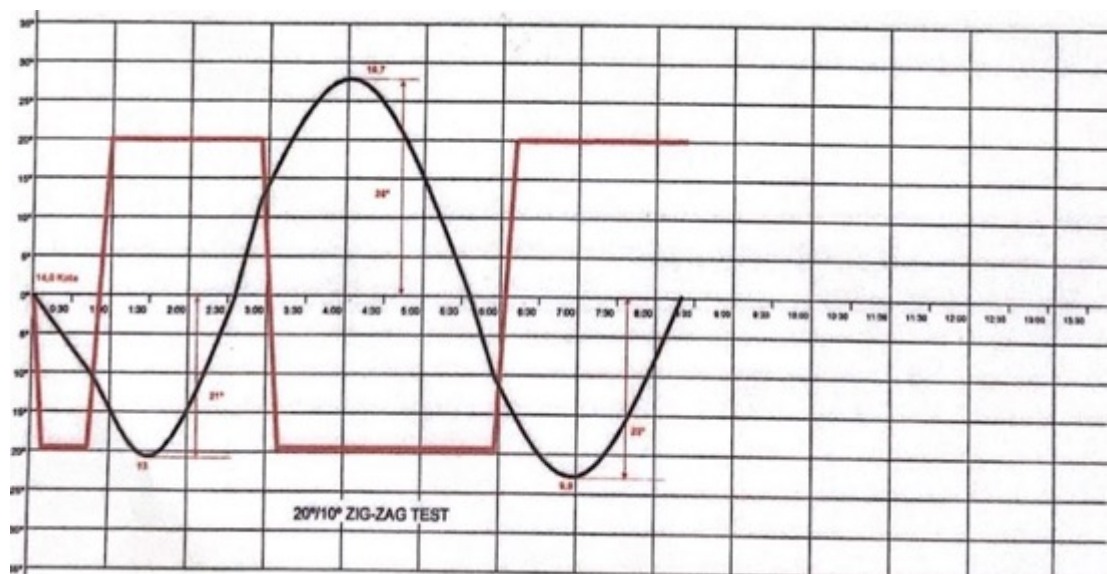
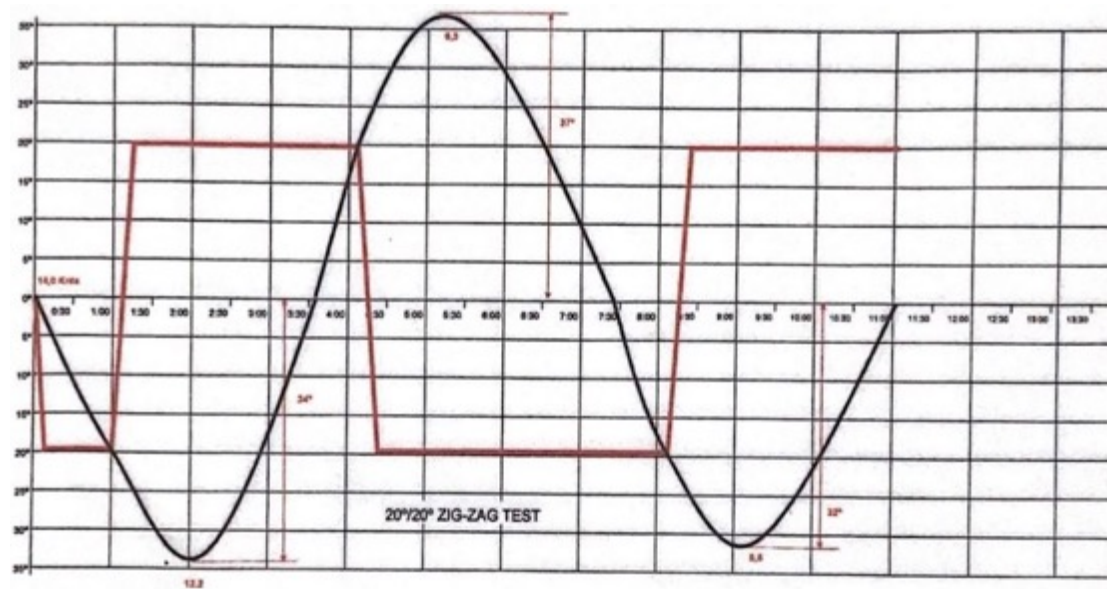
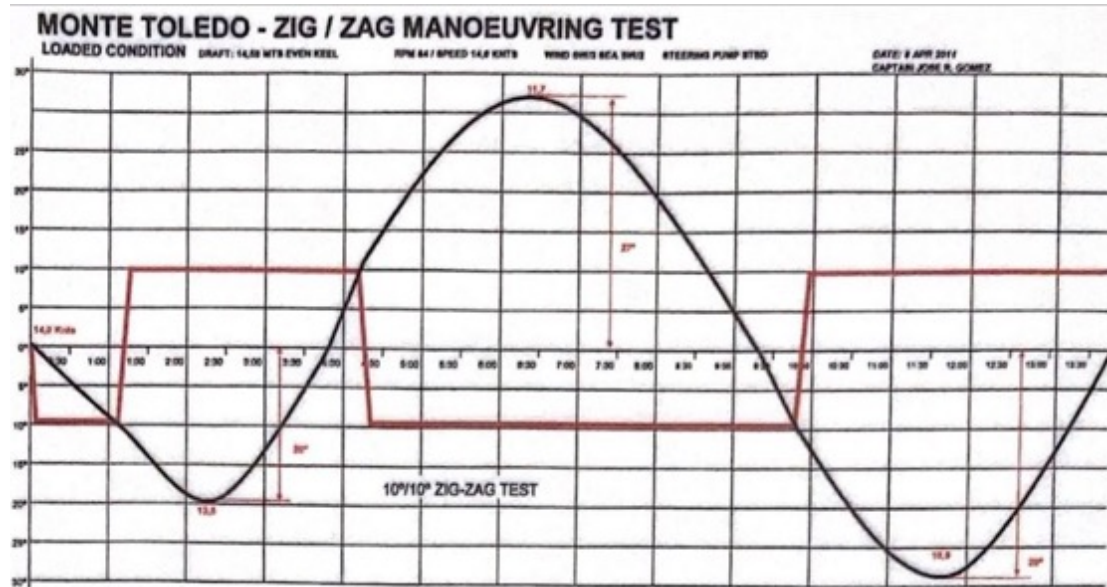
## 20°/20° ZIG-ZAG TEST

|   | Course | Speed | Time   |     |
|---|--------|-------|--------|-----|
| Rudder 20 deg to Stbd                         |        |       | 08"    |     |
| Heading changed by 20 deg off the base course | 310°   |       | 01'01" | 15° |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 01'18" |     |
| Time completed yaw to stbd                    | 324°   | 12.2  | 02'00" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 11.1  | 03'36" |     |
| Heading changed by 20 deg off the base course | 270°   |       | 04'07" | 17° |
| Rudder shifted to 20 deg to Stbd              |        |       | 04'24" |     |
| Time completed yaw to port                    | 253°   | 9.3   | 05'18" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 8.9   | 07'29" |     |
| Heading changed by 20 deg off the base course | 310°   |       | 08'09" | 15° |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 08'24" |     |
| Time completed yaw to stbd                    | 322°   | 8.5   | 09'09" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 8.5   | 11'02" |     |

## 20°/10° ZIG-ZAG TEST

|   | Course | Speed | Time   |     |
|---|--------|-------|--------|-----|
| Rudder 20 deg to Stbd                         |        |       | 09"    |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 300°   |       | 44"    | 16° |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 01'00" |     |
| Time completed yaw to stbd                    | 311°   | 13.0  | 01'34" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 12.2  | 02'37" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 280°   |       | 02'54" | 15° |
| Rudder shifted to 20 deg to Stbd              |        |       | 03'09" |     |
| Time completed yaw to port                    | 262°   | 10.7  | 04'06" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 10.2  | 05'38" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 300°   |       | 05'57" | 16° |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 06'13" |     |
| Time completed yaw to stbd                    | 313°   | 9.8   | 06'58" |     |
| Original (base) heading crossed               | 290°   | 9.7   | 08'18" |     |







## MONTE TOLEDO- ZIG-ZAG TESTS

DATE: 09 FEB 11

## SHIP'S CONDITIONS

WIND N/1 SEA CALM WATER DEPTH= 2900 MTRS  
 BALLAST CONDITION, DRAFTS 6.00 MTRS AFT 9.00 MTS  
 RPM= 75 SPEED= 13.0 KNOTS ONE STEERING PUMP  
 COURSE 360 DEG (BASE COURSE)

## 10°/10° ZIG-ZAG TEST

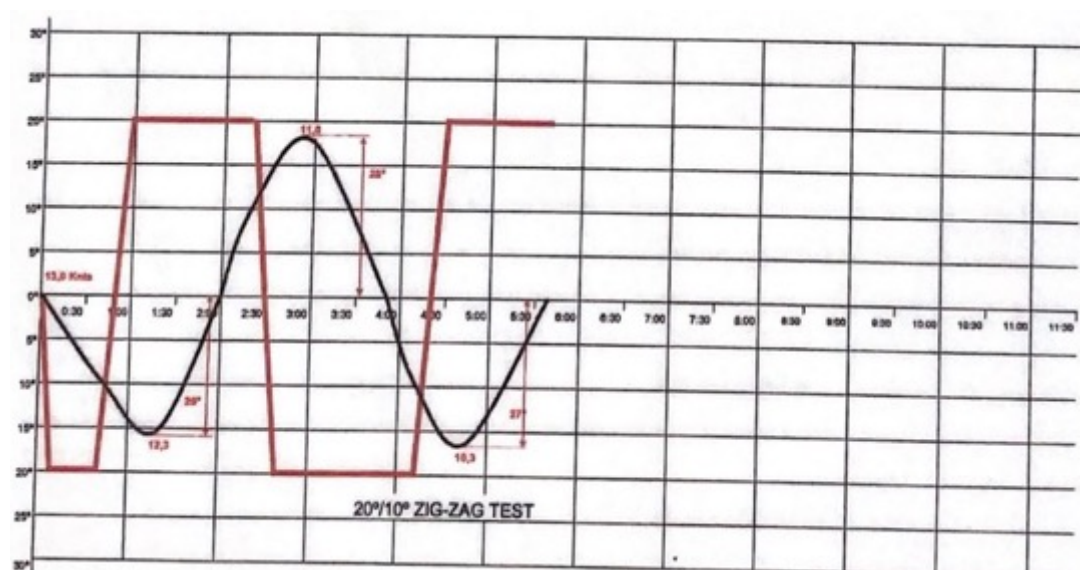
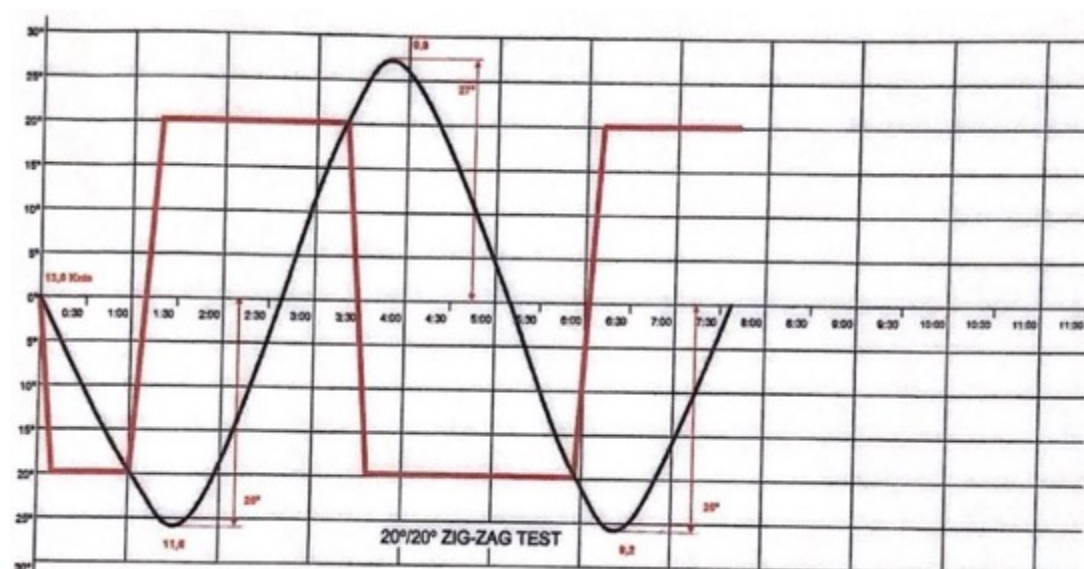
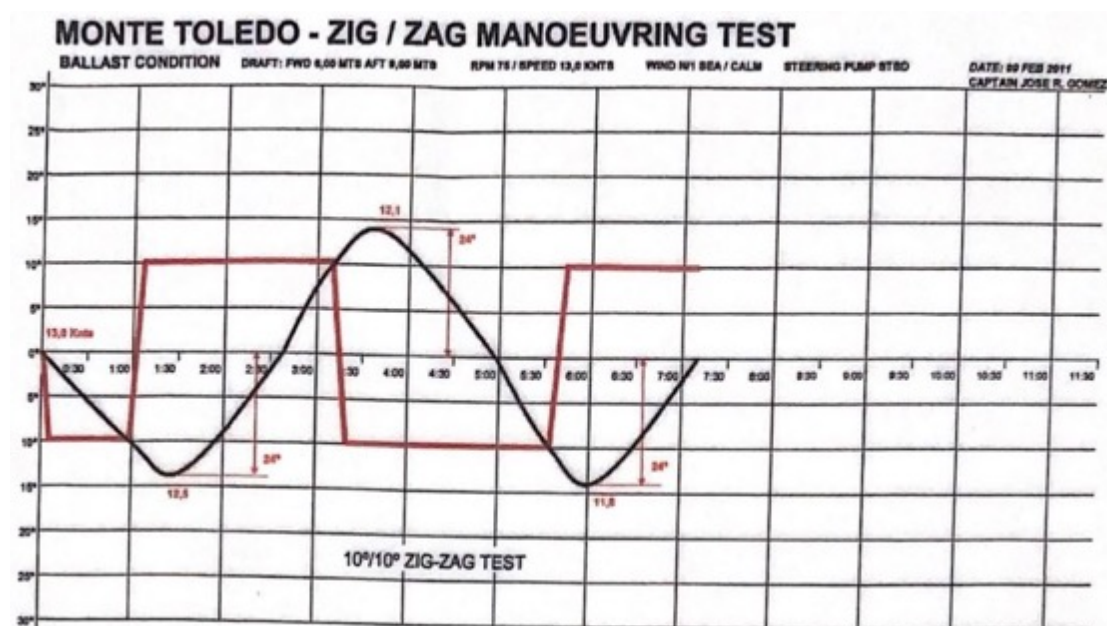
|   | Course | Speed | Time   |     |
|---|--------|-------|--------|-----|
| Rudder 10 deg to Stbd                         |        |       | 07"    |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 010°   |       | 01'00" |     |
| Rudder shifted to 10 deg to Port              |        |       | 01'07" | 10° |
| Time completed yaw to stbd                    | 014°   | 12,5  | 01'21" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 12,5  | 02'37" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 350°   |       | 03'10" |     |
| Rudder shifted to 10 deg to Stbd              |        |       | 03'18" | 08° |
| Time completed yaw to port                    | 346°   | 12,1  | 03'40" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 12,1  | 04'56" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 010°   |       | 05'33" |     |
| Rudder shifted to 10 deg to Port              |        |       | 05'43" | 10° |
| Time completed yaw to stbd                    | 014°   | 11,8  | 06'00" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 11,9  | 07'10" |     |

## 20°/20° ZIG-ZAG TEST

|   | Course | Speed | Time   |     |
|---|--------|-------|--------|-----|
| Rudder 20 deg to Stbd                         |        |       | 10"    |     |
| Heading changed by 20 deg off the base course | 020°   |       | 01'04" |     |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 01'19" | 15° |
| Time completed yaw to stbd                    | 026°   | 11,6  | 01'35" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 11    | 02'40" |     |
| Heading changed by 20 deg off the base course | 340°   |       | 03'20" |     |
| Rudder shifted to 20 deg to Stbd              |        |       | 03'36" | 16° |
| Time completed yaw to port                    | 333°   | 9,9   | 03'48" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 9,8   | 05'09" |     |
| Heading changed by 20 deg off the base course | 020°   |       | 05'54" |     |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 06'10" | 16° |
| Time completed yaw to stbd                    | 026°   | 9,2   | 06'26" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 9,4   | 07'37" |     |

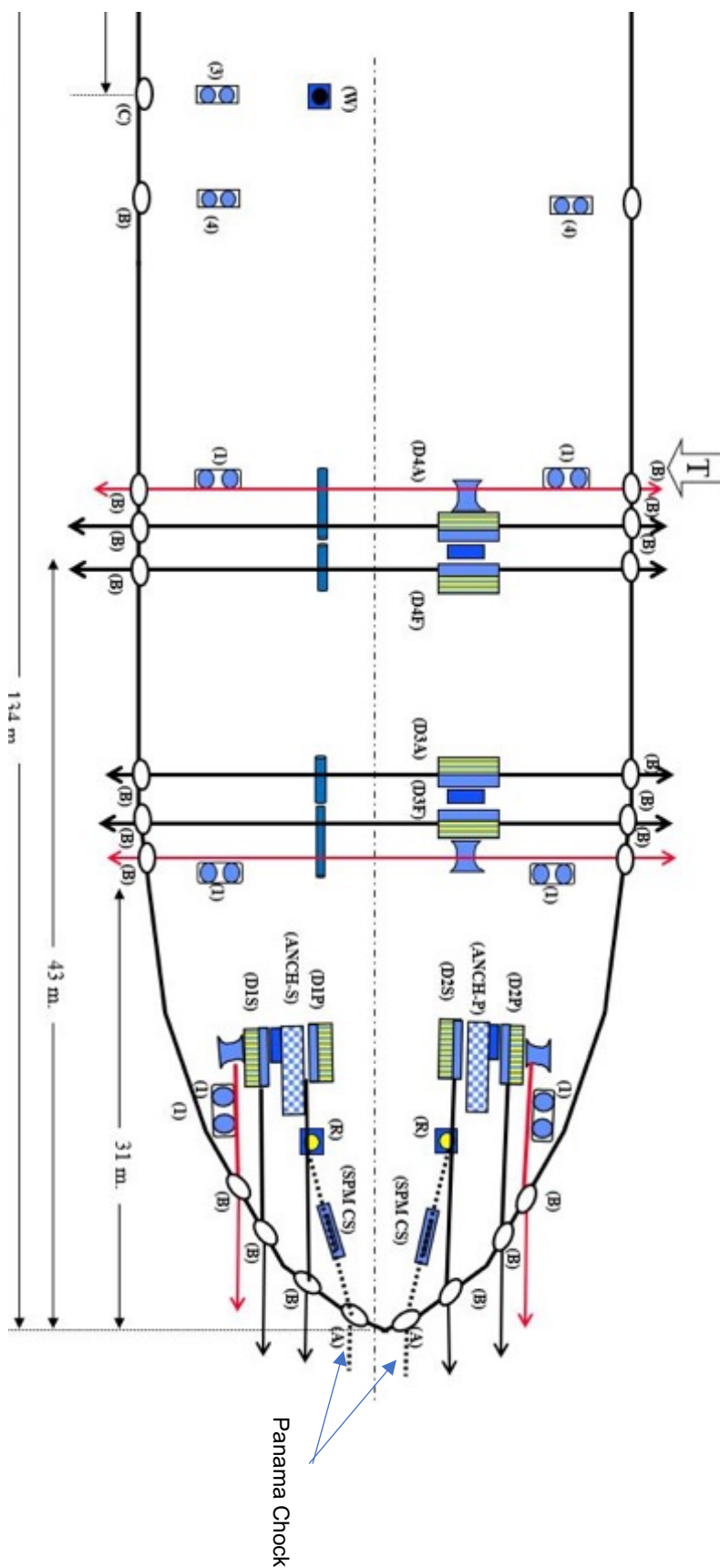
## 20°/10° ZIG-ZAG TEST

|   | Course | Speed | Time   |     |
|---|--------|-------|--------|-----|
| Rudder 20 deg to Stbd                         |        |       | 08"    |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 010°   |       | 42"    |     |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 59"    | 17° |
| Time completed yaw to stbd                    | 016°   | 12,3  | 01'15" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 11,8  | 02'00" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 350°   |       | 02'20" |     |
| Rudder shifted to 20 deg to Stbd              |        |       | 02'38" | 17° |
| Time completed yaw to port                    | 342°   | 11    | 02'55" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 10,6  | 03'50" |     |
| Heading changed by 10 deg off the base course | 010°   |       | 04'11" |     |
| Rudder shifted to 20 deg to Port              |        |       | 04'28" | 17° |
| Time completed yaw to stbd                    | 017°   | 10,3  | 04'43" |     |
| Original (base) heading crossed               | 000°   | 10,3  | 05'37" |     |







**DIMENSIONS**

|                   |        |
|-------------------|--------|
| LENGTH OVERALL    | 274,20 |
| PARALLEL BODY SDW | 150,70 |
| BEAM              | 48,00  |
| DEPTH             | 22,40  |
| KTM               | 50,00  |
| SUMMER F.B.       | 6,42   |

**S.P.M. CHAIN STOPPER (SPMCS) - 2 -**

TONGUE TYPE - FOR CHAIN Ø 76 mm - SWL = 200 TONS  
CHAFING CHAIN 76 mm x 8 mts

**WINDLASS (ANCH) - 2 -**

MAXIMUM PULL = 45 TONS  
SPEED = 9 M/MIN  
ANCHOR WEIGHT = 11,750 KGS  
CHAIN SIZE = 97 mm - 14 PORT / 13 STBD  
BAND BRAKE HOLDING (TONS) 206,7  
(40%), 310 (60%), 413,3 (80%) & 517 (100%)

**PANAMA CHOCKS (52)**

(A) FWD 450 x 600 SWL = 350 TONS - 2 -  
(B) MOORING 450 x 260 SWL = 77 TONS - 36 -  
(C) STS 500 x 400 SWL = 77 TONS - 2 -  
(D) MANIFOLD 400 x 260 SWL = 40 TONS - 10 -  
ROLLERS (R) - 2 -

## ANEXO II. UC: AVISO RESPONSABILIDAD UC

### **AVISO:**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”